nature

الطبعة العربية

الدورية العالمية للعلوم



التصريف الدماغي

ربط التدهور الإدراكي باعتلال عملية إزالة المُخلّفات من السوائل الدماغية عن طريق الأوعية الليمفاويّة السحائية صفحة 54

الحفظ البيئي

الانقسام إلى فصائل

الانقسامات تُهدِّد تقييمًا دوليًّا للتنوُّع البيولوجي

صفحة 33

تطور

العِلم من أجل المجتمع

طرق جديدة لتقييم الأعمال التي تهدف إلى تغيير حياة البشر

صفحة 35

صحة عامة

ثمن تلوث الهواء

منع وفيات الأطفال في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى أمرٌ ممكنٌ

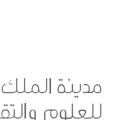
صفحة 48

ARABICEDITION.NATURE.COM
سبتمبر 2018 / السنة السادسة / العدد 56
ISSN 977-2314-55003

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الرقم: 340517

nature

سبتمبر 2018 / السنة السادسة / العدد 56




التسويق والاشتراكات

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(j.giuliani@nature.com)
التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

NAE Riyadh office
Leaders Tower 1,
7853 takhassusi,
Al Olaya, Riyadh
12333 3214,
Saudi Arabia.

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

في عدد ربع سنوي جديد من دورية "*Nature* الطبعة العربية"، نعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية، في أعدادها المنشورة في الفترة من يوليو إلى سبتمبر 2018.

ويضم هذا العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تقدم العلوم، ويُعد الأول باللغة العربية بعد تولي ماجدالينا سكيبر رئاسة تحرير النسخة الدولية من دورية *Nature* لتصبح أول امرأة تشغل هذا المنصب، وفي قسم الافتتاحيات نتعرف إلى رؤيتها للملامح المستقبلية للدورية.

وفيما يلي نُبذة عن أبرز ما ورد فيه:

في قسم أخبار في دائرة الضوء، وتحت عنوان "تتبع جسيم آتٍ من الفضاء"، نتابع سباق فرق علماء الفيزياء الفلكية للتعرف إلى مصدر جسيم دون ذري اكتُشف في القطب الجنوبي، قد يسهم في حل لغز كوني كبير. وفي القسم نفسه نُلقي الضوء على أول محاولة لاختبار تقنية التحرير الجيني في الثدييات، تحت عنوان "اختبار محركات جينية في الثدييات لأول مرة"، إذ يقول العلماء إن التقنية تعمل في الفئران بشكل غير متَّسق، ويتوقَّعون أن تساعد في القضاء على آفات القوارض.

وتحت عنوان "ناسا تنطلق نحو الهالة الشمسية"، نتعرف إلى خطة وكالة ناسا للوصول بمسبار (باركر) إلى أقرب نقطة دنو من الشمس، لأخذ أول قياسات مباشرة على الإطلاق لطاقة هذا النجم. كما نستكشف "علامات على وجود بحيرة مدفونة في المريخ تثير حماس العلماء"، حيث في حال ثبوت وجودها، ستكون أوَّل مسطح مائي سائل يُكتشَف على الإطلاق على الكوكب الأحمر، وستمثِّل علامة فارقة في طريق المساعي الرامية إلى تحديد ما إذا كانت توجد حياة هناك أم لا.

وفي قسم التحقيقات، وتحت عنوان "الإنفلونزا وشبح الماضي"، نستطلع محاولات علماء الأوبئة فهم آلية تكوين "البصمة" التي تتركها الإصابة الأولى بفيروس الإنفلونزا، سعيًا منهم لتطوير لقاحات موسمية أكثر فاعلية.

وفي تحقيق آخر، وتحت عنوان "دليل المبتدئين لعملية تكوين الأجِنَّة"، نلقي الضوء على الخطوات التي اتخذها علماء نحو إزالة الغموض عن المراحل المبكرة للنمو البشري، مقتربين جدًّا من الخط الأحمر الأخلاقي.

وفي قسم "التعليقات"، تحت عنوان "مقياس أفضل لتقييم الأبحاث من النصف الجنوبي من العالَم"، يصف المموِّلان جين ليبيل وروبرت ماكلين أداة جديدة للحُكْم على قيمة العِلْم الذي يسعى إلى تحسين حياة الناس وجدواه.

ولأن العلوم كثيرًا ما تتأثر بالسياسة، ففي قسم "كتب وفنون" وتحت عنوان "نظرة جديدة حول الحروب الثقافية" يستعرض أندرو روبنسون كتاب "مستقبَل من الأنقاض"، الذي يستكشف نجاحات وإخفاقات منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو)، وكيف تأثرت أعمالُها أحيانًا بالصراعات السياسية العالمية. وفي القسم نفسه، وتحت عنوان "الانتصارات الحقيقية للنساء في مجال العلوم"، تُشيد ملاك عابد الثقفي بمذكرات عالِمة الأحياء الجزيئية، الأردنية الرائدة رنا دجاني، في مجال حقوق المرأة، التي تسرد تجربتها بوصفها عالِمة وأمًّا ومعلمة ورائدة أعمال اجتماعية وناشطة نسوية.

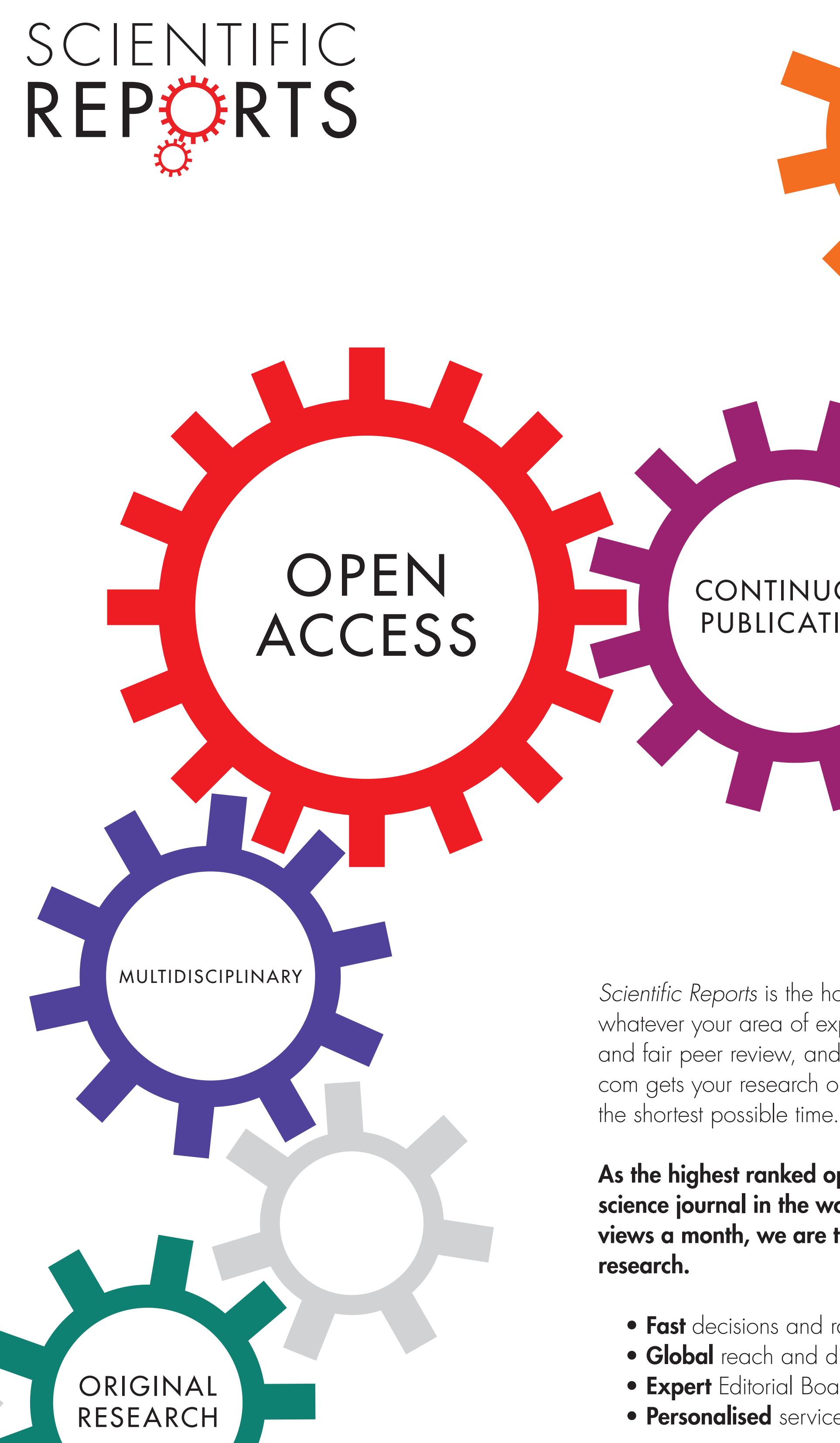
وفي قسم "صندوق الأدوات"، وتحت عنوان " كتابة الرموز بصوت عالٍ"، نتعرف إلى مبرمجين لجأوا إلى استخدام أدوات الأوامر الصوتية؛ لإراحة أيديهم، خاصة مع هؤلاء الذين يواجهون مشكلات صحية في أطرافهم، ويستعرض المقال البرمجيات المختلفة التي استخدموها لهذا الغرض ونقاط القوة والضعف فيها.

ولأن العلم هو السبيل للتقدم وتحقيق مزيد من الرفاهية، نعرض في قسم "مهن علمية" تجارب خمسة باحثين في مناطق تُمزِّقها الصراعات أو تفتقد إلى الموارد، وكيفية تغلُّبهم على هذه الصعاب ليديروا مختبراتهم أو مشاريعهم البحثية.

ويضم قسم "أنباء وآراء" عروضًا وتحليلات متعمقة لمجموعة بارزة من الأبحاث التي نُشرت منذ بداية العام، ومنها تحليل تحت عنوان "النسبية العامة تجتاز اختبارًا آخر"، يستعرض فيه كليفورد إم. ويل نتائج اختبار مميز لمبدأ التكافؤ، كانت فيه الأجسام الساقطة بقايا نجمين، أحدهما نجم نيوتروني، والآخر قزم أبيض، ولتجتاز نظرية النسبية لأينشتاين اختبارًا صارمًا آخر.

وتحت عنوان "الجرذان تعيث فسادًا في الشعاب المرجانية"، توضِّح نانسي نولتون تفاصيل ما رصده جراهام وزملاؤه في بحثهم المنشور في دورية *Nature* عن التأثير السلبي للجرذان غير المحلية الدخيلة في الجزر البحرية على شبكة معقدة من التفاعلات التي تربط الطيور البحرية بالطحالب والأسماك في الشعاب المرجانية المجاورة.

رئيس التحرير
علياء حامد



Scientific Reports is the home for sound, highly visible research – whatever your area of expertise. Straightforward submission, fast and fair peer review, and open access publication on nature.com gets your research out to the widest possible audience in the shortest possible time.

As the highest ranked open access multidisciplinary sound science journal in the world*, and with over 2 million page views a month, we are the perfect place to publish your research.

- **Fast** decisions and rapid online publication
- **Global** reach and discoverability via nature.com
- **Expert** Editorial Board to manage your paper
- **Personalised** service from in-house staff

www.nature.com/scientificreports

*2014 *Journal Citation Reports®* (Thomson Reuters, 2015)

SPRINGER NATURE

المحتويات

سبتمبر 2018 / السنة السادسة / العدد 56

هـذا الشهــر

مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: nature.com/naturecareers

أخبـــار فى دائرة الضـوء



علم الأحياء النمائي

تكوين الأجنة

كيف سمحت تقنيات حديثة للباحثين بسبر أغوار المراحل المبكرة من النمو البشري؟ صفحة 29

تعليقات



تمويل

مقياس أفضل لتقييم الأبحاث من النصف الجنوبي من العالَم

يصف المموِّلان جين ليبيل وروبرت ماكلين أداةً جديدةً للحُكْم على قيمة العِلْم الذي يسعى إلى تحسين حياة الناس وجدواه. صفحة 35

كتب وفنون



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

سبتمبر 2018 / السنة السادسة / العدد 56

أبحــاث

أنباء وآراء



علم البيئة

الجرذان تعيث فسادًا في الشعاب المرجانية

تأثر الشعاب المرجانية سلبًا بغزو الجرذان للجُزر المجاورة

نانسي نولتون. صفحة 47



عن الغلاف

التصريف الدماغي

تُزيل الأوعية الليمفاويّة المُخلَّفات من أنسجة الجسم. وفي بحث نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، يُظهر ساندرو دا ميسكيتا وزملاؤه أن جهاز التصريف هذا يستخدمه الدماغ أيضًا. تُصرف المُخلّفات ضخمة الجزيئات الموجودة في السوائل الدماغية من خلال أوعية ليمفاويّة في السحايا، وهي الأغشية المحيطة بالمخ. ووجد الباحثون أن الوظيفة الإدراكيّة تتدهور باعتلال الأوعية الليمفاويّة السحائية في الفئران السليمة. فإذا ما تلفت الأوعية الليمفاويّة السحائية، يختلُّ تصريف بروتين الأميلويد بيتا، فيتراكم في الدماغ ويؤدي إلى تدهور الوضع المرضي الذي يسببه الأميلويد في نموذج لمرض ألزهايمر في الفئران. صفحة 54

ملخصات الأبحاث

COVER IMAGE: ELLA MARUSHCHENKO AND ELINA KARIMULLINA/ELLA MARU STUDIO

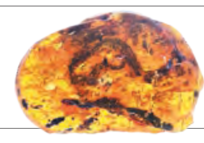
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

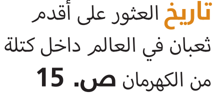
هـذا الشهـر

افتتاحيات

حفظ على الهيئة المعنية بالتنوع الحيوي رأب الصدع بينها وبين منتقديها **ص. 9**

رؤية كونية انتشار نسخ ما قبل النشر قد يزيد تغطية الأخبار العلمية سوءًا **ص. 11**





تاريخ العثور على أقدم ثعبان في العالم داخل كتلة من الكهرمان **ص. 15**

كيف حصلت السحالي على أقدامها الكبيرة

تقدِّم المخلوقات التي نجت من الطقس الجامح في منطقة الكاريبي لمحة نادرة ومزيلة للالتباس عن الانتقاء الطبيعي أثناء حدوثه.

عندما رأى تشارلز داروين إحدى أوركيدات مدغشقر النجمية لأول مرة – وهي زهرة، كان أحد المتحمسين قد أرسلها إليه – تنبأ بوجود مُلقِّحات طويلة اللسان يمكنها أن تصل إلى الرحيق الموجود داخل الأنابيب الطويلة لهذه الزهور. وقد أدى اكتشاف عثة أبي الهول Morgan's sphinx moth، التي تمتلك لسانًا طويلًا بما يكفي بالكاد (وليس أطول من هذا)، إلى إثبات أن داروين كان على حق، وذلك بعد عقدين تقريبًا من وفاته.

إنّ هذا يُعتبر أحد أكبر براهين التطور عبر الانتقاء الطبيعي، إلا أن ما يريده علماء الطبيعة حقًّا هو التحقق من الانتقاء الطبيعي خلال حدوثه، أي خلال قيامه بعملية الانتقاء. وقَبْل عام مضى، طرقت الفرصة باب عالِم الأحياء كولين دونيوي، من جامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس، وذلك بعد عودته مباشرة هو وزملائه من جزيرتي توركس، وكايكوس، حيث كانوا يدرسون سحالي الأنول (*Anolis scriptus*).

في الثامن من سبتمبر من العام الماضي، ضرب إعصار إرما هاتين الجزيرتين برياح مستمرة، وصلت سرعتها إلى 265 كيلومترًا في الساعة. وبعد ذلك الإعصار بأسبوعين، وصل إعصار ماريا؛ فلقي العشرات الناس في المنطقة حتفهم، وما زالت عمليات إعادة الإعمار والبناء جارية.

وبعد ثلاثة أسابيع من انخفاض حدة الرياح، عاد الباحثون إلى أماكنهم؛ لتقييم الأضرار، وللتحقق من الطريقة التي تمكنت بها السحالي من أن تنجو (أو التحقق مما إذا كانت قد نجت أصلًا). وتُعد الدراسة التي أجراها الباحثون – والتي نُشرت في دورية *Nature* في الأسبوع الأخير من يوليو الماضي – هي الدراسة الأولى التي تَستخدِم مقارنة مباشرة بين ما حدث فيما قبل، وما حدث فيما بعد، لتقييم آثار الأعاصير على الانتقاء التطوري (C. M. Donihue *et al. Nature* http://doi.org/csgp; 2018). وقد شهد الباحثون أنماطًا واضحة للانتقاء الطبيعي أثناء حدوثه. فبشكل عام، تميزت سحالي الأنول، التي تم العثور عليها بعد العواصف، براحات أكبر حجمًا لأصابع القدم، وأطراف أمامية أطول، وأطراف خلفية أقصر، وذلك بالمقارنة بالسحالي التي تم جمْعها قبل العواصف.

والسؤال الذي يطرح نفسه الآن هو: ما علاقة تلك السمات بالأعاصير؟ تعيش هذه السحالي داخل الشجيرات، وفي غيرها من النباتات قصيرة الطول. وتعمل راحات أصابع القدم على تمكين هذه السحالي من التشبث بالفروع أثناء الحركة. ومن الوارد أيضًا أن نِسب مقاييس الأطراف تلعب دورًا في مساعدة السحالي على الإبقاء على تَمَسُّكها بالفروع، وهو ما يُمَكِّن هذه السحالي من التصدي لمحاولات تحريكها من قبل المُفترِسات، أو السحالي الأخرى، أو – كما اتضح – الأعاصير التي تهددها.

أخذ الباحثون فِكْرتهم إلى ما هو أبعد من هذا، وذلك عبر تجربة معملية بسيطة، سمحوا من خلالها للسحالي بالاستقرار على قصبة، ثم قاموا بنفخ السحالي باستخدام أداة نفخ أوراق الشجر المتاحة في الأسواق. (طارت السحالي إلى بطانة ذات حشو مريح، ولم تتعرض لأي أذى خلال التجارب).

أظهرت هذه التجربة أنه عند تَعَرُّض السحالي لهواء قوي، فإنها تقوم بالتشبث بقوة باستخدام أطرافها الأمامية، وتترك أطرافها الخلفية مُعَلَّقة بشكل حر. وبالتالي، فإن الأطراف الأمامية الأطول توفِّر قدرة أكبر على التشبث، ما يفسر السبب في أن السحالي التي تم العثور عليها بعد العواصف كانت تنحى إلى أن تكون لديها أطراف خلفية أقصر، وأطراف أمامية أطول.

إن الراحات الأكبر حجمًا لأصابع القدم، والأطراف الخلفية الأقصر، والأطراف الأمامية الأطول لم تتطور كاستجابة مباشِرة للأعاصير. لقد تداخل الانتقاء الطبيعي مع الطريقة التي انتشرت بها هذه السمات عبر جماعة السحالي. وعلى وجه التحديد، مِن المفترَض أن تلك السحالي التي كانت غير قادرة على الصمود عندما هبت العواصف – أي تلك التي كانت لديها راحات صغيرة لأصابع القدم، وأطراف خلفية أطول، وأطراف أمامية أقصر – قد تم العصف بها؛ وهلكت. وتلك السحالي التي كانت لديها القدرة على التشبث بإحكام ربما تكون قد تمكنت من البقاء، لتحمُّل أجواء يوم آخر. وفي سياق المصطلحات التقنية، ما حدث هو أن القيم المتوسطة للسمات الحرجة التي تم قياسها قبل العواصف قد تغيرت.

إنّ هذه التغيرات ذات نمط ظاهري، أي أنها مجرد خصائص يمكن ملاحظتها، وليست لها أيّ دلالات على حدوث تَمَثُّل جيني لمثل هذه التغيرات، ومِن المفترَض لهذا التمثل الجيني أن يحدث عندما تتكاثر السحالي الناجية فيما بينها، وتنضم سحالٍ جديدة إلى العشيرة. وفي ظل أحوال الطقس بالغة الشدة، المتوقع حدوثها في المستقبل، من غير المحتمَل أن تكون هذه التغيرات هي الأخيرة من نوعها. ■

كلمات افتتاحية

ترحيب بالقراء من رئيس التحرير الثامن لدورية *Nature*، مع استعراض لملامح الرؤية المستقبلية.

في نهاية شهر يونيو 2018، تنحَّى فيليب كامبل عن منصبه كرئيس تحرير دورية *Nature*، بعد 22 عامًا قضاها في هذا المنصب، تاركًا زمام القيادة لي.

وإنه ليشرّفني الاضطلاع بمهام هذا الدور الفريد، وإنني لأشعر بالمسؤولية الضخمة الموكلة إليّ كثامن رئيس تحرير في تاريخ دورية *Nature*. أشعر بحماس غامر تجاه إمكانية خدمة المجتمع العلمي من هذا الموقع الجديد، الذي سأحمل إليه خبراتي التحريرية المتنوعة.

بدأ فيل كلمة الوداع الخاصة به - المنشورة في عدد الأسبوع الأخير من شهر يونيو - بالتأكيد مجددًا على أن الدور التحريري لدورية *Nature* دائمًا ما كان يتمحور حول دعم العلوم المميزة. وإمعانًا في الوفاء برسالتنا، فإننا نواصل تمكين نشر العلوم. ولطالما كان الهدف – الذي يكمن في صميم كل ما نقوم به - أن نسهل نقل الاكتشافات المميزة ذات الأهمية وذات الصلة بالمجتمع والعالم، وأيضًا بالمجتمع العلمي نفسه.

سنواصل توسيع آفاقنا في دورية *Nature*، لنكون منبرًا، ليس فقط للمجالات والاكتشافات الراسخة، بل أيضًا لتلك الناشئة، التي لا تعترف بحدود التخصص التقليدية، وستكون هناك دائمًا مساحة لنشر وتغطية الاكتشافات الأساسية، والتطبيقات الأحدث، على حد سواء، وسنواصل - من خلال بحوثنا، وأخبارنا، وتحليلاتنا الأساسية - تعزيز الأثر المجتمعي للعلوم.

إن اكتشافات الغد سيصنعها باحثو اليوم المبتدئون. وأعتقد أننا في *Nature* نضطلع بدور مهم في توجيههم. لذا، فإننا نأمل أن ننشركهم – بصورة أكثر فاعلية - في نشر السجلات العلمية، وتدقيقها، عن طريق تعزيز التوجيه من خلال مراجعة الأقران، على سبيل المثال. كما نأمل أيضًا في الاسترشاد بهم؛ حتى نتمكن من تلبية احتياجاتهم، فيما يتعلق بنشر أعمالهم، حيث إن البحوث الآن تزداد ثراءً بالبيانات، وتعقيدًا من الناحية الحسابية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تم تطوير دورية *Nature* في السابق؛ لاستيعاب الطبيعة المتطورة للاكتشافات، وسأحرص في المستقبل على استكشاف الطرق التي يمكن أن تتطور بها تصميماتنا أكثر؛ من أجل مواكبة التطورات المطردة في متطلبات البحوث.

وستواصل الدورية العمل مع المجتمعات البحثية؛ لتعزيز قابلية التكرار والشفافية في العلوم. ونظرًا إلى أن الباحثين يتطلعون إلى تحقيق مزيد من الشفافية في أساليب تخطيطهم للدراسات، وإنتاجهم للبيانات وتحليلها، فإني آمل أن نحرص على جعل إجراءاتنا نحن تتمتع بالشفافية أكثر فأكثر، واضعين نُصْب أعيننا هدفنا الذي يرمي إلى إزالة أي غموض قد يكتنف الطريقة التي نعمل بها.

لقد أَحْدَثَ بالفعل كوني "أول امرأة" تتولى رئاسة تحرير دورية *Nature* صدىً واسعًا. ورغم أن هذا الأمر ربما تأخر كثيرًا، فإنه يعكس تنوعًا أكبر في المجتمع البحثي، لا يقف فقط عند حدود النوع الجنسي. ويواكب التنوع البشري تنوعًا في الأولويات، ووجهات النظر، والاهتمامات، تستحق جميعها مكانة متكافئة. لذا، فإننا سنواصل الكفاح من أجل تحقيق تمثيل متكافئ للمجموعات كافة التي ينتمي إليها كُتّابنا، ومراجعونا، وأطقم العمل لدينا. وسيعزز تنوع المشاركين التنوع في تغطيتنا للموضوعات. نَعْلَم أن أمامنا طريقًا لا بد أن نخوضه، كأن نزيد أعداد المراجِعات الإناث مثلًا، وسنواصل وضعه على رأس أولوياتنا.

أما مسألة أنني واحدة من اثنين فقط من المختصين في علوم الحياة، الذين حملوا لقب رئيس تحرير هذه الدورية، فقد لفت ذلك انتباهًا أقل. إن خلفيتي العلمية تعني - بلا شك - أنني أحمل وجهة نظر معينة في العلوم، رغم أن نطاق اهتمامي سيظل واسعًا. فمِن وجهة نظري كمتخصصة في علم الوراثة، أرى أن أهم عمل نشرته دورية *Nature* على صفحاتها بقيادة رئيس التحرير السابق – وهو عالِم فيزياء – كان بالتأكيد تقارير تسلسل الجينوم البشري. وفي ظل قيادتي، أتطلع إلى نشر اكتشافات مهمة ومؤثرة بالقدر ذاته، بعيدًا تمامًا عن مجال خبراتي البحثية.

إن دور رئيس التحرير لا يختلف عن دور قائد الفرقة الموسيقية؛ فوراء كل عمل صحفي وكل ورقة بحثية يوجد متخصصون متفانون وموهوبون، خبراء يعرفون جيدًا كيف يؤدون أدوارهم. وإني لأتطلع بشدة إلى تعزيز هذا الأداء البارع، ليس فقط على مستوى دورية *Nature*، وإنما أيضًا على مستوى دوريات "نيتشر ريسيرش" Nature Research المتخصصة.

إن *Nature* هي دوريتكم أنتم، ومِن دون المجتمع العلمي لن يكون لدينا كُتّاب، أو مراجعون، أو قراء. لذا، أتطلع إلى أن أتعلم منكم جميعًا؛ حتى أستطيع أنا ودورية *Nature* خدمتكم على نحو أفضل. ■ **ماجدالينا سكيبر**

نمط الأداء له طبيعة مؤقتة

يقدم أحد تحليلات التأثير الممتد على مدار الحياة المهنية أملًا متجددًا للعلماء الذين يتوقون إلى النجاح.

كَتَب إف. سكوت فيتزجيرالد يقول: "النجاح يأتي مرة واحدة في حياة الأمريكيين"، وهو بالضرورة يعرف ما يقول؛ فهو لم يقترب مطلقًا من أنْ يضاهي نمط الأداء الذي خرج به في روايته (جاتسبي العظيم) *The Great Gatsby* في عام 1925، مع إنّ البعض قد يقولون إنّ أيّ أحد آخر لم يفعل هذا.

كثيرًا ما يناقش هواة الأفلام ظاهرة نمط الأداء، وكيف أن هذا النمط قد يحتشد في صورة سلسلة مزعومة من متتاليات النجاح. هل يشك أحد في أن جوائز الأوسكار التي حصل عليها فيلم مارتن سكورسيزي (الراحلون) *The Departed*، الذي عُرض لأول مرة في عام 2006، كانت بمثابة اعتراف متأخر بمتتاليات النجاح منقطعة النظير لهذا المخرج في الفترة ما بين عام 1973 (فيلم شوارع وضيعة) *Mean Streets*، وعام 1980 فيلم (الثور الهائج) *Raging Bull*؟ وفي هذا الصدد، هل سبق لروبرت دي نيرو أن تفوَّق على أدائه في فيلم (الثور الهائج) وفي فيلم (سائق التاكسي) *Taxi Driver* الذي أخرجه سكورسيزي عام 1976؟ ينطبق الأمر نفسه على عالم الموسيقى؛ فقد بلغت مادونا، وبيورك، وبيونسيه ذروة نجوميتهم في أوقات بعينها.

قد تشير هذه النوعية من الأمثلة إلى أنك ما لم تكن قد حققتَ أي نجاحات كبيرة في منتصف حياتك المهنية، فإنك قد ضيعت على نفسك الفرصة، إلا أن دراسةً نُشرت في دورية *Nature* في الأسبوع الثاني من شهر يوليو الماضي تشعل جذوة الأمل في نفوس أولئك الذين لا يزالون ينتظرون (L. Liu *et al*. *Nature* https://doi.org/10.1038/s41586-018-0315-8; 2018). بحثت الدراسة في حدوث متتاليات النجاح – أي سلاسل الأعمال كبيرة التأثير – ضمن الأعمال الكاملة لعشرات الآلاف من صُنَّاع الأفلام، والفنانين، والعلماء. ووجدت الدراسة أن معظم السير المهنية يحتوي على متتالية نجاح نسبي واحدة على الأقل، وأن هذا يحدث في مرحلةٍ، ظاهرها أنها عشوائية ضمن سلسلة أعمال الفرد.

بدءًا مما يُطلق عليه "الأيدي الساحرة" في كرة السلة، وصولًا إلى "الزخم" في كرة القدم، عادة ما تغلب المعتقدات الشعبية على النقاشات المتعلقة بنمط الأداء، تمامًا مثلما تهيمن على الاعتقادات المتعلقة بمتتاليات الفوز التي يمر بها المقامرون. سيزعم البعض أن "الجميع يعرف" أن الفنانين والعلماء ينتجون أفضل أعمالهم عندما يكونون في سن صغيرة؛ فقد كتبت ماري شيلي رواية (فرانكنشتاين) *Frankenstein* عندما كانت في التاسعة عشرة من عمرها، وكانت جوسلين بيل بيرنيل في العشرينات من عمرها عندما اكتشفت أول نجم نابض. كيف نفسِّر إذَن الازدهار الثاني المتأخر للروائي فيليب روث؟ يرى آخرون أن الأداء يبلغ ذروته عند منتصف الحياة المهنية، وهو الوقت الذي لا تكون فيه الاستفادة من الخبرات قد تأثرت بعد سلبًا بتدهور القدرات. ولنا في الموسيقيتين إيلا فيتزجيرالد، ونينا سيمون، مثال.

"الأمر المشجع هو أن معظم المسيرات المهنية ينطوي على متتالية نجاح. أما الأمر المحبط، فهو أن هذه المتتالية لا تتكرر عادة."

يقول التحليل الجديد، الذي يأخذ في الاعتبار تقييمات الجماهير للأفلام، وكذلك أسعار المزادات الفنية، إنه لا توجد نقطة نموذجية في المسار المهني تحدث عندها متتالية نجاحات. ويدفع المؤلفون بأن التأثير الإبداعي يُظهِر ملامح "الديناميكيّات المتقطعة"، تمامًا مثلما تفعل السمات الإنسانية الأخرى، بما في ذلك الحركة، والاتصالات عبر البريد الإلكتروني والهاتف (K.-I Goh & A.-L. Barabási *EPL* **81**, 48002; 2008). هذا الأمر لا يعني حرفيًّا قول إنّ الأحداث الكبرى أو المهمة تحدث بصورة عشوائية؛ فتلك الأحداث يتسم حدوثها، على العكس من هذا، بالترابط، بحيث يكون متوسط الزمن الفاصل بين الأحداث المتتابعة أقل من أن يكون عشوائيًّا؛ فإذا وقع حدث ما، فمن المرجح أن يتبعه حدث آخر في وقتٍ قريب، إلا أن هذا التسلسل لا يمكنه أن يدوم طويلًا. وهذا هو عين ما تعنيه متتالية النجاح.

أما بالنسبة إلى العلماء الذين شملتهم الدراسة، البالغ عددهم العشرين ألفًا، كان مؤشر التأثير هو معدل الاستشهادات بالأوراق البحثية الخاصة بكل عالِم على مدار السنوات العشر التي أعقبت نشر كل ورقة بحثية. قد يعترض أحدهم قائلًا إنّ هناك أوراقًا بحثية تجذب معظم الانتباه فقط بعد عقود من نشرها، إلا أن هذا يحدث في حالات نادرة فحسب. يمكن التعبير عن متتالية النجاح هنا بحدوث استشهادات بأبحاث شخص ما بشكل يفوق كثيرًا متوسط الاستشهادات التي يحظى بها هذا الشخص في العادة.

الأمر المشجع هو أن حوالي 90% من الفنانين والعلماء تحدث لهم متتالية نجاح واحدة، على الأقل، كتلك خلال حياتهم المهنية. أما الأمر المُحبط، فهو أن هذه المتتالية لا تتكرر عادة؛ إذ يحقق 64% من الفنانين و68% من العلماء متتالية واحدة فقط، ويُعتبر تحقيق أكثر من متتاليتين أمرًا بالغ النُدرة. إذَن، إف. سكوت فيتزجيرالد كان، في الغالب، على حق. وقد يكون هناك القليل جدًّا مما يمكن للمرء أن يفعله للتأثير في هذا الأمر؛ فمتتاليات النجاح لا ترتبط بالإنتاجية، مثلًا. ولا يزعم مؤلفو الدراسة بأن "التأثير"، كما يُعَرِّفونه، هو مؤشر جيد على الإبداع. فبرغم أي شيء، لا يوجد إجماع حتى الآن بشأن الطريقة التي يُفترض تعريف الإبداع بها، وقياسه، ناهيك عن الإجماع بشأن إمكانية غرس هذه المَلَكة وتعزيزها، وكيفية تحقيق ذلك. كما أن التأثير العلمي ليس مجرد استشهادات.

في الواقع، إذا وصل بنا الحال يومًا ما لأن يتم الحُكْم على القيمة الجوهرية لعمل ما بالثمن الذي يمكن أن يُباع به، فإن هذا سيكون أمرًا مؤسفًا، لكن انعدام التوافق بين الشعبية التي يحظى بها العمل، وقيمته، ربما يكون في صميم ما يمكن توظيف هذه النتائج فيه. وبلغة علم الاقتصاد، هل تُعتبر ديناميكيات النجاح ذاتية المنشأ، مدفوعة مثلًا بالإلهام المتذبذب لدى المبدع، أم أنها خارجية المنشأ، وتَنْتُج عن تقلبات السوق؟ من الأسهل أن نميل إلى تخيل صحة جزء من كل طَرْح من هذين الطرحين؛ أن المبدع يجد نفسه بشكل مفاجىء قد تطور لديه تواصلًا مع روح العصر، فقط ليكتشف بعدها في مرحلة لاحقة أن العالَم من حوله قد تغير، ومضى قدمًا.

ومع ذلك، لعل أكثر الرسائل إثارة هي أنّ ديناميكيات العلوم لا تختلف عن ديناميكيات الفنون؛ فالنجاح في كليهما يعتمد على التفاعل بين خيال الفرد، وحالات الجمهور المزاجية المتقلبة ورغباته المتغيرة. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التنوع الحيوي يحتاج إلى مزيد من وجهات النظر

على الهيئة العالمية لعلوم التنوع الحيوي وسياساته أن تطبق نهجها الشامل، لترأب صدعًا مدمرًا مع منتقديها حول كيفية تقدير العالَم الطبيعي.

يتفق معظم العلماء وحُماة البيئة على أن كوكب الأرض قد بات على أعتاب أزمة انقراض، لكنّ الطريقة المثلى للتعامل من هذه الأزمة لا تزال محل جدل. وفي هذا السياق، تم إنشاء هيئة دولية جديدة؛ للمساعدة في الأمر، وذلك عن طريق تقديم المشورة العلمية لصناع القرار، إلا أن نشوب خلاف بشأن كيفية تقدير العالَم الطبيعي يهدد بتقويض جهودها. ويتعين على طرفي الجدال تذكُّر أن المهم الآن هو تأمين مستقبَل قابل للاستدامة لهذا الكوكب.

وهذه الهيئة الدولية هي المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات في مجال التنوع البيولوجي، وخدمات النظم الإيكولوجية، (وتُسمى اختصارًا IPBES). ومن المقرر لها أن تُصْدِر تقريرًا مهمًّا، يأمل العلماء أن يسرِّع الجهود السياسية الدولية المبذولة للتعامل مع تدهور التنوع الحيوي، بالطريقة نفسها التي تم بها تركيز العمل على مواجهة الاحترار العالمي وتنشيطه من قِبَل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). وقد اتخذت الأولى نهجًا أكثر شمولًا من النهج الذي اتخذته الأخيرة، يَعتمِد بشكل أكبر على باحثين وعلماء في العلوم والإنسانيات، وعلماء مقيمين، وممثلين عن المواطنين الأصليين.

وهذا القدر من الشمول يمثل تحديًا، حسبما نوضح في قسم (التحققات) في هذا العدد، إذ إن تباين وجهات النظر يصعِّب على المنظمة التوصل إلى إجماع، خاصة فيما يتعلق بالأهمية النسبية لخدمات النظم البيئية. ومن وجهة نظر الكثير من ممثلي المنظمة من دول العالم الثالث، التركيز على هذا النوع من الخدمات أمر غير مقبول، ويُقصد بها الخدمات التي تتضمن تحديد قيمة مالية لأوجه التنوع الحيوي، كوسيلة لإدراجها في العمليات السياسية المدفوعة بالاقتصاد. يسبب ذلك حالة من الإحباط للعديد من العاملين في هذا المجال، الذين ساعدت أسماؤهم الكبيرة وبحوثهم - بلا شك - في إقناع الدول بتقديم حماية جماعية لحوالي 15% من الأراضي، و10% من المياه الإقليمية. وهؤلاء المتخصصون معتادون على دفع مبادرات وضع السياسات، مثل الهيئة الدولية IPBES، وتتابعهم حالة من القلق مِن جرّاء تراجُع نفوذهم في المنظمة. وقد تتجلى النتيجة المؤسفة لهذا الانقسام في صدور تقرير نهائي عن الهيئة، لا يدعمه هؤلاء الخبراء المحنّكون، وهو ما قد يعني – بدوره - تراجع قدرة التقرير على إحداث التأثير السياسي المطلوب.

وبالنظر إلى التاريخ، يمكن تفهُّم حالة الإحباط التي تنتاب هؤلاء العلماء، إذ ناضلوا على مدى 30 عامًا؛ من أجل إقناع الأكاديميين، وحماة البيئة، وصناع القرار المتشككين بإمكانية تقدير التكاليف البيئية على أنها تكاليف نقدية فعلية، ستتكبدها الأجيال الحالية والمستقبلية، لكن أولئك الذين يتبنّون خدمات النظم البيئية يحتاجون إلى إفساح المجال أمام أنواع أخرى من الخبرات والأساليب؛ لتقدير التنوع الحيوي. ومن الصعب دائمًا على مجتمع تَعَيَّن عليه على مدى التاريخ النضال لأَخْذه على محمل الجد، أن يتصدر المشهد، ويقوم الآن بمهام سلطوية، بيد أن قادة خدمات النظم البيئية فعلوا ذلك، وعليهم الآن أن يشجعوا أصحاب الآراء المعارِضة على أن يفعلوا الشيء نفسه.

في اللحظة الحالية، يتداول كلا الطرفين دعاوى ودعاوى مضادة، لكن هذا الجدل العام يهدد بإغفال الهدف المشترك لكلا الفريقين، وهو حماية التنوع الحيوي.

إذا انتهت قيادة الهيئة إلى الاستمرار، دون المصادقة على مجتمع خدمات النظم البيئية، لن يمر هذا من دون أن يلفت انتباه المموِّلين وصناع القرار الذين تحاول التأثير عليهم. فصناع السياسات الذين يعتمدون على المعرفة العلمية يتسمون بالحساسية الشديدة تجاه الخلافات الداخلية، إذ لم تتمكن الهيئة الدولية IPCC من ممارسة تأثير حقيقي، إلا بعد حسم الجدل العلمي الداخلي بشأن تغير المناخ الناجم عن الأنشطة البشرية، وذلك بعد عام 1996. وإذا كانت الحجج الاقتصادية قد باتت مُقْنِعة للغاية للعديد من صناع القرار، فمِن المهم أن تتضمنها التقييمات المستقبلية، التي ستصدر عن الهيئة الدولية IPBES بشكل أساسي، إلى جانب تحليلات أخرى.

تتمثل المعركة الحقيقية في إبطاء وتيرة نزيف التنوع الحيوي، والانتهاء إلى وقفه نهائيًّا، لكنْ لن يتحقق النصر في هذه المعركة في ظل استمرار الخلاف بين أعضاء الفريق الذي يُفترض أن يكون فوزه لصالح الكوكب.

ويجب أن تعترف الهيئة بخبرات الزملاء من فريق خدمات النظم البيئية في طرح الأفكار بطريقة تُشْرِك صناع القرار في الأمر. ويحتاج هذا الفريق بدوره إلى قبول وجود ميزة في أن يكون الأول بين الأنداد. ■

إلهام النساء

جائزتان تسلِّطان الضوء على الجهود المؤثرة، التي تصل إلى الجيل القادم.

في إبريل الماضي، أعلنت دورية *Nature* عن جائزتين سنويتين: الأولى تُمنَح تقديرًا لعالِمات متميزات في مقتبل حياتهن المهنية، والأخرى تكرِّم أفرادًا، أو مؤسسات قادت مبادرات شعبية؛ لدعم زيادة وصول الفتيات والشابات حول العالم إلى مجالات العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات (STEM)، أو اهتمامهن بهذه المجالات. وقد أعلنا عن المرشحين الذين وصلوا إلى القائمة الطويلة، التي تضم عشرة مرشحين لكل جائزة من هاتين الجائزتين المقدمتين من Nature Research، وتتقدم بالتهنئة إلى جميع المرشحين. ويستحق كذلك التنوع والجودة المثيران للإعجاب لجميع المشاركات المقدَّمة لنيل الجائزة تقديرًا واسع النطاق.

وثمة أسباب عديدة وراء تثبيط النساء عن الالتحاق بالوظائف في مجال STEM أو الاستمرار فيها. وتشمل هذه الأسباب عدم المساواة في الحصول على التعليم، والتمييز، سواء بوعي أو دون وعي، في الترقية، والتمويل، ومراجعة الأقران، والاستشهادات، وغير ذلك الكثير، وعدم المساواة في الأجور، والعبء غير المتكافئ - في كثير من الأحيان - المتعلق بالمسؤوليات المنزلية. كل ذلك يمكنه أن يساعد على تفسير: لماذا تُشكِّل النساء حوالي 30% فقط من الباحثين المحترفين. ومن المشجع أن نرى العديد من المشارَكات المقدَّمة من نساء يتسمن بكونهن باحثات ناجحات، وعازمات أيضًا على مساعدة الآخرين، وإلهام الجيل الجديد. ويتمثّل أحد طرق تحقيق المساواة في العلوم في تقديم نماذج إيجابية للشباب، يُحتذَى بها.

يركِّز بعض المشاركين الأكثر إثارة للإعجاب في المسابقة على دول ومواقع في النصف الجنوبي من العالم، ويعملون تحديدًا مع مجتمعات فقيرة ومحرومة. وتصاحِب ذلك كثيرًا تحديات إضافية؛ ففي بعض الأحيان، مجرد الوصول إلى مواقع نائية؛ لتوجيه الفتيات، وتشجيعهن على سَلْك طريق العلوم، يتطلب التزامًا جادًّا. وعلى سبيل المثال، ينظم أحد المشروعات - وهو مشروع "سيلو بي تيرا" - جهود توعية في المناطق الريفية بأمريكا الجنوبية، وأفريقيا.

ومن الواضح أن ليس كل الفتيات والشابات اللاتي يتم الوصول إليهن بهذه الطريقة سينتهي بهن المطاف إلى سَلْك طريق العلوم في دراستهن، أو مِهَنهن، لكنّ إثارة فضولهن، ودعم طموحاتهن، لا يزالا جديرَين بالجهد الذي يُبذَل في سبيلهما.

وقد اتضح أن الإرشاد والدعم عبر مسافات طويلة يمكن أن يكون فعالًا للغاية. فقد نجح أحد البرامج في التوفيق بين باحثين وفتيات من مجتمعات منخفضة الدخل، في إطار الصداقة بالمراسلة. فمِن خلال العمل مع مدارس أمريكية، وعلماء في جميع أنحاء العالم، يعزِّز برنامج "خطابات إلى عالِم مبتدئ" حُبّ العِلْم، ويوفر الدعم، ويَعرِض التجارب الشخصية.

وفيما يخص الموجودين بالفعل في البيئة الجامعية، قد يكون الوصول إلى العالِمات لا يزال أمرًا صعبًا. ولذا، أَعَدّ العديد من المتقدمين برامج لزيارة الباحثات، أو محاضرات تركز على متحدثات من النساء، أو مناسبات اجتماعية تُمكِّن من التواصل مع باحثات بارزات.

في النصف الشمالي من العالم، تركز جهود عديدة على الفتيات والشابات من أقليات عرقية. وتستهدف جهود أخرى مجتمعات اللاجئين، وأطفال نزيلات السجون، ومَن يعشن في دور الأيتام.

والعديد من هذه المشروعات، كما أخبرنا المشاركون في الجائزة، مدفوع بالتجارب الشخصية للمتقدمات، بوصفهن نساء يعملن في مجال العلوم. فمثلًا، هناك عالِمات، هن أيضًا أمهات، يسعين لتحسين تقديم الرعاية للأطفال في المؤتمرات العلمية. وتغلبت أخريات على قيود ثقافية محلية قوية بشكل خاص، يندر فيها رؤية النساء في الأماكن العامة، ناهيك عن العِلْم والتعليم.

إنّ جميع المتقدمين للجائزتين يؤمنون بضرورة مَنْح النساء الفرصة، والسلطة، والدعم؛ ليصبحن باحثات. ونحن نوافقهم الرأي، (ونقدِّر أن نوع الجنس ليس ثنائيًّا، ولا بالضرورة ثابتًا). وتُظهِر هذه الأمثلة معًا الكَمّ الهائل من الطرق المتبعة لإلهام الفتيات والشابات، كما تقدِّم الدروس للجميع. والقوائم الطويلة الكاملة للجائزتين - جائزة الإلهام العلمي، وجائزة العلوم المبتكرة - متاحة على go.nature.com/2jmri9z. وسوف يُعلَن عن الفائزين في شهر أكتوبر من هذا العام. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تخلخل عِلم الحرائق الهائلة بسبب نقص البيانات الشاملة

إنشاء مبادرة رصد دولية أمر ضروري لفهم الحرائق الهائلة، والحدّ من خسائرها، كما يقول **ديفيد بومان.**

شَهِد عام 2013 اندلاع حريق هائل؛ تَسبب في تدمير قرية ساحلية صغيرة شرق مدينة هوبارت الأسترالية، وهي المدينة التي أقطنها وأعمل بها اختصاصيًّا في دراسة التوزُّع الجغرافي للحرائق الهائلة. وقد أظهرت صورة نشرتها إحدى الصحف حجم الرعب الذي صاحب هذه العاصفة النارية. وفي الأسبوع الأخير من يوليو الماضي، هزتني صور واردة من اليونان، لا تقل رعبًا عن سابقتها، يظهر فيها السكان وهم يركضون نحو البحر؛ فرارًا من الجحيم.

وخلال الأسابيع السابقة لهذه الفترة، شبت النيران في أماكن أخرى. وبالرغم من ذلك، لا يتوافر لدينا سوى القليل من المعلومات المؤكدة بشأن طبيعة المنحى الذي تسلكه الحرائق الهائلة حول العالم؛ فالبيانات المتوفرة في غاية الندرة، ولا تكفي للجزم بما إذا كانت الحرائق تزداد ضراوةً وتدميرًا، أم لا. وإذا كان للبشر أن يعيشوا بصورة مستدامة في مناطق ذات طبيعة قابلة للاشتعال، فنحن بحاجة إلى منظومة عالمية لجمع البيانات المتعلقة بالحرائق، بما يُمَكّننا من رسم صورة مترابطة عن الوضع، وكذلك تقييم الاستراتيجيات.

قمتُ أنا وعدد من زملائي بتحليل سجلات للفترة ما بين عامي 1979، و2013 (W. M. Jolly *et al*. *Nature Commun*. **6**, 7537; 2015)؛ واكتشفنا أن مواسم الحرائق تزداد طولًا حول العالم، وأن "الطقس المواتي للحرائق" قد صار أشد قسوة وحِدَّة، بيد أن الصلات الوثيقة التي تربط البشر بالأراضي ذات الطبيعة القابلة للاشتعال تجعل من الحرائق خطرًا طبيعيًّا، بشكل خاص. وبإمكاننا توسيع نطاق هذه الدورة أو إخمادها، إما بإضرام الحرائق، أو مكافحتها. وعليه، فإن ازدياد طول أحد مواسم الحرائق لا يعني بالضرورة وجود عدد أكبر من الحرائق.

لقد أحدث التصوير بالأقمار الاصطناعية ثورة في فهمنا لنشاط الحرائق؛ فقد أمدنا ببيانات تشمل العالم بأسره للمناطق التي تشتعل فيها الحرائق، والتفاوت الموسمي المتعلق بتوقيت حدوث الحرائق، والمدى الذي يمكن أن تصل إليه أحجام هذه الحرائق، إلا أن الصور المأخوذة بالأقمار الاصطناعية لا تخلو من العيوب، حيث إن المُدَد الزمنية التي تغطيها الصور عالية الدقة تفصل بينها أيام، أو أسابيع، أو حتى شهور، وذلك إذا ما غطت السُّحُب على الحرائق، أو على مساحات الأرض التي اندلعت فيها النيران. أما الأقمار الاصطناعية التي تدور مع حركة دوران الأرض، والتي تتميز بارتفاع مداراتها، مقارنةً بالأنواع الأخرى، فيمكنها توفير معلومات آنية، بيد أنها يعيبها تدنٍّ دقة تصويرها.

وبالإضافة إلى ذلك، لم تكن صور الأقمار الاصطناعية متوافرة على نطاق واسع، إلا في ثمانينيات القرن الماضي، ولذلك، لا يُلِمّ العلماء إلا بالقليل من المعلومات عن المناطق التي تتعرض للحرائق بصورة غير متكررة، وهو ما يضطرنا إلى الاعتماد على المؤشرات التاريخية، كتحديد عمر الآثار التي تتركها الحرائق على جذوع الأشجار، وفحص طبقات الفحم النباتي الكامنة في رواسب البحيرات.

يشير التحليل الذي تم إجراؤه بالاستعانة بالأقمار الاصطناعية إلى أن المساحة الكلية التي دمرتها الحرائق الهائلة على مدار الثمانية عشر عامًا الماضية قد تراجعت (N. Andela *et al*. *Science* **356**, 1356–1362; 2017). ويبدو أن هذا يُعزى – بشكل جزئي – إلى أن مساحات كبيرة من السافانا الاستوائية على مستوى العالم قد تحولت إلى مَزارع للإنتاج الحيواني، وأراضٍ مزروعة بالمحاصيل، من شأنها تجزئة الأراضي، والحدّ من قابليتها للاشتعال، إلا أنه عندما يتعلق الأمر بالكوارث، عادةً ما تكون الرقعة المحترقة أقل أهمية من شدة الحريق، وذلك وفقًا لما تحدده تقديرات العلماء للطاقة المنبعثة من الحرائق. وفي هذا الصدد، توصلنا إلى أن الحرائق الكارثية عادةً ما تندلع في المناطق ذات الكثافات السكانية المتوسطة، وكذلك في أثناء الفترات التي تشهد حرارة مرتفعة، أو رياحًا عاتية، أو جفافًا شديدًا بشكل غير معتاد (D. M. J. S. Bowman *et al*. *Nature Ecol*. *Evol*. **1**, 0058; 2017).

وحتى الحرائق ضعيفة الحدة قد تَنْتُج عنها تأثيرات بيولوجية شديدة الوطأة، لا سيما في المناطق التي تتسم بقدرة ضعيفة على التأقلم مع هذا النوع من الحرائق، كالغابات المطيرة مثلًا. ويتطلب التقييم الموثوق لمدى شدة الحرائق عملًا ميدانيًّا لجمع البيانات التي ربما لا يتسنى جَمْعها بطريقة أخرى.

وللوصول إلى رؤية شاملة، نحتاج إلى مبادرة على غرار اتحاد الشبكات الوطنية للأرصاد الجوية، الذي يرصد الأحوال الجوية بصفة يومية. وتُعَدّ هذه الشبكة العالمية، التي أُنشئت على مدار القرنين التاسع عشر والعشرين، انتصارًا علميًّا لم ينل حظه من التقدير، إذ تمثل البيانات التي تقدِّمها هذه الشبكات ركيزة أساسية بالنسبة إلى التنبؤات الجوية، وأعمال ضبط ومعايرة نماذج التغير المناخي.

لم يصل التحليل المقارن لنشاط الحرائق إلى أن يكون أمرًا ممكنًا في أوروبا، إلا في عام 2004، مع إنشاء قاعدة بيانات الحرائق التابعة للاتحاد الأوروبي، التي تضم بيانات من 22 دولة. ويحتفظ عدد قليل من البلدان بسجلات للحرائق تغطي ما قبل عام 2004.

لا يمكننا الحُكْم بشكل مؤكد – إلا **فيما ندر** – على طبيعة **المنحى** الذي تسلكه الحرائق الهائلة **حول العالم.**

إن إنشاء مركز عالمي مختص بجمع المعلومات، وإتاحتها، ورصد الحرائق التي تندلع في الأراضي سوف يسهل من تسجيل أنواع الغطاء النباتي التي تلتهمها النيران، وحجم الأضرار الناجمة، والمساحات المتضررة، والخسائر في الأرواح والممتلكات، الناتجة عنها. إننا نحتاج إلى هذه البيانات؛ لتسهيل إجراء تحليلات أسباب الحرائق ونتائجها، وكذا تقييم منهجيات إدارة الحرائق، وتوفير الإرشاد المتعلق بتحديد أسعار إعادة التأمين. وسوف تسمح لنا هذه البيانات بالتنبؤ بمدى إسهام احتراق النباتات أو عدم احتراقها في تعديل مستويات ثاني أكسيد الكربون وغيره من غازات الدفيئة، كما أنها ستساعدنا على تقييم كيفية تأثير التغير المناخي، وإدارة الأراضي والسياسات الاجتماعية الاقتصادية على نشاط الحرائق، وقابليتها للاندلاع.

مِن المتوقع أن يشكل إنشاء قاعدة بيانات عالمية كهذه تحديًا ضخمًا من ناحية السياسات، وفيما يتعلق بالمسائل التقنية، إلا أن هذا التحدي لا يختلف عن ذلك التحدي الذي واجهناه عندما قمنا بإنشاء محطات الأرصاد الجوية. وبعض العناصر اللازمة لإنشاء قاعدة بيانات كتلك موجود بالفعل ضمن قاعدة بيانات الاتحاد الأوروبي، وقواعد البيانات الوطنية لدى عدد من البلدان. وإلى جانب تقنيات الاستشعار عن بُعْد، تُعتبر الملاحظات الميدانية أمرًا جوهريًّا لأغراض ضبط ومعايرة هذا التدفق للبيانات، والتحقق من صحتها. ويمكننا كذلك الاستعانة بإسهامات الجماهير في البحث العلمي؛ فالهواتف الذكية المزودة بخاصية النظام العالمي لتحديد المواقع يمكنها توثيق التأثيرات البيولوجية، وقد تساعد منصات إلكترونية - مثل «جوجل إيرث» - على دمج البيانات، وإدارتها.

إنّ الوصول إلى فَهْم عالمي لنشاط الحرائق سوف يتطلب مبادرة دولية كبرى، وربما يحتاج الأمر إلى أنْ تقوده جهة ما ذات سُلطة، كالبنك الدولي، أو الأمم المتحدة. وبالرغم من أن الأمر صعب ومعقد، إلا أن ثماره لا تُقَدَّر بثمن.

وما لم تكن لدينا آليات متطورة للمسح والرصد، فسنبقى عاجزين عن تقديم إجابات لأبسط الأسئلة المتعلقة بطبيعة المنحى الذي تسلكه الحرائق الهائلة. إنّ اتخاذ الإجراءات على قاعدة من الجهل يُعتبر طريقة لا ترقى إلى مستوى تكريم أولئك الذين يفقدون حياتهم كل عام مِن جرّاء الحرائق، ناهيك عن الحدّ من هذه الخسائر في الأرواح. ■

ديفيد بومان أحد المتخصصين في دراسة التوزُّع الجغرافي للحرائق الهائلة في جامعة تسمانيا بمدينة هوبارت الأسترالية، وله اهتمام بدراسة الأبعاد البيوفيزيائية والبشرية للحرائق.
البريد الإلكتروني: david.bowman@utas.edu.au

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



نُسَخ ما قبل النشر قد تثير الالتباس وتشوِّه الحقائق

يجب على المجتمع العلمي أن يتخذ بعض التدابير، للحيلولة دون تشويه فَهْم الجمهور للعلوم بسبب نُسَخ ما قبل النشر ، حسب قول **توم شيلدون**.

تَستقبِل مِنَصّتا «أركايف» arXiv، و«بيو أركايف» bioRxiv شهريًّا آلاف الأوراق العلمية، حيث توفران لها فرصة النشر، قبل الخضوع لمراجعة الأقران، والقبول للنشر في إحدى الدوريات العلمية. يُثْني العلماء على نُسَخ ما قبل النشر (preprints) هذه، لكونها تسمح للباحثين ادّعاء الملكية، ومشاركة نتائجهم بشكل أسرع، محرَّرةً من قيود الدوريات ذات سياسات النشر البطيئة، والجائرة.

وقد يبدو ذلك منطقيًّا داخل المجتمع العلمي، لكنْ بصفتي قد عملت لسنوات مع باحثين وصحفيين؛ لضمان التناول الإعلامي المسؤول للعلوم في الإعلام، أخشى أن تَحمِل طريقة النشر هذه مخاطر حقيقية للنطاق الأوسع من المجتمع، وهي المخاطر التي لم يُولِها أبطال هذا النوع من النشر الاعتبار المناسب. فقد تُضَخِّم وسائل الإعلام الأعمال البحثية الضعيفة التي لم تخضع للمراجعة، بينما - على العكس - تتجاهل الأبحاث الأخرى الأفضل.

ويتحمل مَن يديرون خوادم نُسَخ ما قبل النشر، والباحثون الذين يقدمونها إليهم، وأي شخص يفكر في الترويج لأيٍّ مِن هذه النسخ الأولية، مسؤولية إدراك هذه المخاطر، لكن لم تطمئنّي إطلاقًا الردود التي تلقيناها على رسالة مفتوحة، نشرناها في السابع عشر من يوليو (انظر: go.nature.com/2uxf86x) بأنّ الأمر كذلك. وهنا، أدعو العلماء لأنْ يفكروا مليًّا في احتمالات أن تثير نُسَخ ما قبل النشر هذه الالتباس، ونشر معلومات خاطئة بين الجمهور، وأن يجدوا وسائل للحدّ من ذلك.

إن الكثيرين لا يزالون يتعرفون على المحتوى العلمي بالطريقة نفسها لتَعَرُّفهم على فلاديمير بوتين، أو سوريا، أو بطولة كأس العالم، وذلك من خلال المواقع الإخبارية الإلكترونية، والقنوات التلفزيونية والإذاعية. ويخضع الجزء الأكبر من البحوث العلمية التي يتم نشرها عبر تلك القنوات لمراجعة الأقران؛ حيث تقوم الدورية العلمية - قبل أيام قليلة من نشر البحث - بإصدار بيان صحفي مقيد لصحفيين مؤهلين بموجب اتفاقية (يُطلَق عليها اسم "اتفاقية حظر النشر") تحظر عليهم نشر أي شيء حول البحث قبل موعد محدد. وعلى الرغم من أن نظام حظر النشر هذا له ثغراته، إلا أنه يمنح الصحفيين الوقت لتقييم البحث، وجمع ردود أفعال الخبراء حياله.

أما في حال نُسَخ ما قبل النشر، يكون الأمر نقيض ذلك.. فبمجرد إتاحة البحث للعموم، لا يوجد ما يمنع أي صحفي من الكتابة عنه، بل والمسارعة ليكون أول مَن يقوم بذلك. ولك أن تتخيل النتائج الأولية التي قد تُظهِر أن تغيُّر المناخ مسألة طبيعية، أو أنّ أحد اللقاحات الشائعة غير آمن.

وقد كتب العديد من الصحفيين (ومنهم صحفيو دورية *Nature*) موضوعات تستند إلى نُسَخ ما قبل النشر هذه. وأنا أقرّ بأننا ليس لدينا حتى الآن أمثلة لحالات ضرر نتجت عن نشر مثل تلك الموضوعات، لكن يُحتمَل أن يكون السبب في ذلك – في الوقت الراهن – هو أن جزءًا ضئيلًا من هذه النسخ يتناول مجالات تتعلق بالصحة، أو مجالات مثيرة للجدل.

إن ما نفتقر إليه الآن هو الأمثلة التي يشوِّه فيها التناول الإعلامي للعلوم الغامضة، أو التي لا تستند إلى المعايير العلمية السليمة، فَهْم الجمهور. ولنأخذ مثلًا الورقة البحثية (التي تم سحبها الآن)، والتي زعمت أن الذُّرَة المعدلة وراثيًّا أصابت الجرذان بالسرطان (G.-E. Séra-lini *et al.* *Food Chem. Toxicol.* **50**, 4221–4231; 2012)؛ فقد حرصت الحملة الدعائية المصاحِبة لها والمخطَّطة بعناية على عدم تمكين الصحفيين من الاستعانة بتدقيق خارجي، قبل نشرهم القصص الخبرية ذات الصلة. كان ما يحويه البحث من عِلْم ضعيفًا، لكنّ الادعاءات كانت مثيرة للاهتمام، وتخلَّى العديد من الصحفيين عن حقهم في التدقيق في المعلومات؛ حتى لا يتأخروا عن نشر الخبر.

> كيف يمكن أن تكون لدينا نُسَخ **ما قبل النشر،** وأنْ ندعم **الصحافة الجيدة** في الوقت نفسه؟

كما أشار بعض العلماء إلى أن نُسَخ ما قبل الطباعة هذه تشبه عروض البحوث في المؤتمرات، التي لا تخضع هي الأخرى لمراجعة الأقران. وبخبرتي.. غالبًا ما تشكِّل وقائع المؤتمرات أكثر الأخبار المضللة عن أيّ مِن الوسائل الأخرى. ولنأخذ مثلًا ملصقًا من اجتماع الجمعيات الأكاديمية لطب الأطفال في الفترة بين إبريل ومايو من عام 2016، الذي تَناوَل حالات الإصابة بمرض التوحد، واستخدام مبيدات الحشرات في ولاية نيويورك. كان ذلك عملًا مبكرًا للغاية، لم يتمكن من تأسيس نمط معين، ناهيك عن إنشاء علاقة سببية. ومع ذلك.. سارعت عدة وسائل إعلامية رئيسة إلى تغطية الموضوع بعناوين مثيرة للقلق؛ ما أثار غضب العلماء. وقد تؤدي نُسَخ ما قبل النشر إلى خلق ضغوط مماثلة، وإلى تناول إعلامي مشوب بالثغرات، لكنْ بشكل أكثر تواترًا، وعلى نطاق أوسع.

والخطر الآخر عكس ذلك، ويمكن أن يكون أكثر أهمية لبعض الباحثين. ففي إطار نظام نُسَخ ما قبل النشر، يمكن لصحفي واحد جريء يتصفح خوادم تلك المِنصّات أن يقتنص أحد الأخبار، وحين يراه صحفيون آخرون يكون قد أصبح خبرًا قديمًا، ولا يمكنهم حينها إقناع محرريهم بنشره.

وهناك حالات حصل فيها أحد البحوث تلك التي حظيت بتغطية خبرية كبيرة على موجة ثانية من التناول الإعلامي، بعد نشره بإحدى الدوريات، لكنّ القاعدة عمومًا هي أنه "يجب أن تكون المعلومة جديدة؛ لتصبح خبرًا". ومن جانبه، قال توم ويبل - محرر علمي لدى مجلة (التايمز) *The Times* - في المملكة المتحدة، في "تغريدة" له، ردًّا على مدوّنتنا: "لا أعرف كيف يمكن لصحيفة أن تحافظ على وجودها وربحها، وهي تقرِّر أن تقدم إلى جمهورها أخبارًا قرأوها من قبل على موقع (بي بي سي) BBC".

ولا يكفي أن تتحلى باللا مبالاة، وتلقي اللوم على الصحفيين، وليس من المفيد إقالة هؤلاء الصحفيين الذين يستطيعون نقل العلوم المعقدة بدقة إلى جمهور عريض. يجب أن يكون العلماء جزءًا من هذه النقاشات، مع بقائهم يقظين لكيفية عمل قطاع الإعلام.

ويُطْلِق الصحفيون التحذيرات المناسبة - أو حتى قد يقررون عدم نشر الخبر - عندما تكون الاستنتاجات أولية، لكن ذلك فقط إذا ما توفر لهم الوقت الكافي والمساحة لتقييم الخبر. فإذا لم يتوخ المجتمع العلمي الحذر؛ فقد تستأثر نُسَخ ما قبل النشر بهذا المورد.

وهنا نتساءل: كيف يمكن أن تكون لدينا نُسَخ ما قبل النشر، ودعم الصحافة الجيدة في الوقت نفسه؟ وهل يجب على الجمعيات العلمية، أو المدافِعين عن الأمر، وضع مبادئ توجيهية لِمَا ينبغي وما لا ينبغي نشره في هذه الصورة؟ وهل ينبغي أن يُمنَع إطلاق نُسَخ ما قبل النشر لأيّ بَحْث يؤثر على الصحة العامة؟ وهل ينبغي للجامعات أو الباحثين الترويج لنسخة ما قبل النشر؟ وهل ينبغي وضع تحذير موجَّه إلى الصحفيين على كل نُسَخ ما قبل النشر بأنّ البحث لم يخضع لمراجعة الأقران؟

إنّ نُسَخ ما قبل النشر يمكنها أن تأتي للعلوم بفوائد عظيمة، لكنْ يجب طرح هذه الأسئلة الآن، حتى لا يتضرر فَهْم الجمهور مع ازدهارها. ■

توم شيلدون كبير المسؤولين الإعلاميين بمركز وسائط العلوم في لندن.
البريد الإلكتروني: tom@sciencemediacentre.org

أضـواء على الأبحـاث

مقتطفات من الأدبيات العلميـة


PER-ANDERS PETTERSSON/GETTY

مجتمع

مع انخفاض الانبعاثات قد يزداد الجوع

إنّ اتباع سياسات صارمة للحدّ من آثار تغيُّر المناخ قد يترك عددًا من الناس يعانون الجوع أكثر بملايين مما قد يؤدي إليه احترار المناخ في حد ذاته.

يتوقع العلماء أن يخفض تغيُّرُ المناخ غلةَ المحاصيل؛ ما سيؤدي بدوره إلى رفع أسعار المواد الغذائية. ومن المتوقع أن تساعد السياسات الصارمة - مثل ضرائب الكربون، التي تهدف إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة - على معالجة هذه المشكلات.

ولاختبار هذه النظرية، حاكت توموكو هاسيجاوا، من المعهد الوطني للدراسات البيئية في تسـوكوبا باليابان، وزملاؤهـا الأوضـاع العالمية المتوقعة لعام 2050. ووجدوا أنـه في ظل قوانيـن صارمة، كان الانخفاض في إنتاج الغذاء وتوافره يُعزى، بوجه عام، إلى آثار السياسـات، وليس إلى تغير المناخ.

في أحد السيناريوهات، من شأن تغير المناخ أن يسفر وحده عن تجويع 24 مليون شخص إضافي في عام 2050، مقارنة بالعدد المتوقع، إذا ساد المناخ الموجود اليوم. وعندما أضيفت سياسات صارمة، قفز عدد الجياع المتوقَّع بمقدار 78 مليون شخص آخرين، معظمهم في أفريقيا، وجنوب آسيا.

يقول الباحثون إنه ينبغي على المسؤولين النظر في النتائج المترتبة على توافر الغذاء عند وضع السياسات المناخية.

Nature Clim. Change 8, **699–703 (2018)**

التكنولوجيا الحيوية

علاج من ذهب لأدمغة الفئران

يستخدم العلماء الذهب، لإيجاد طرق جديدة لعلاج الأمراض في الدماغ.

تنعقد آمـال كبيرة على نظام تحرير الجينات "كريسبر-كاس9" CRISPR-Cas9، بوصفـه أداة لمقاومة الطفرات المرتبطـة بالمرض، لكنْ في العادة يتم توصيل جزيئات النظام الرئيسـة عن طريق الفيروسـات؛ ما يمكن أن يؤدي إلى آثار جانبية.

ولإيجاد بديل غير فيروسي، قامت هاي يونج لي، من مركز العلوم الصحية بجامعة تكساس في سان أنطونيو، ونيرين مورثي، من جامعة كاليفورنيا في بيركلي، وزملاؤهما باختبار نسخة جديدة من "كريسبر-كاس9". تَستخدِم هذه النسخة التي يُطلق عليها اسم "كريسبر-الذهب" CRISPR–gold جسيمات الذهب النانوية، بدلًا من الفيروسات؛ لتوصيل جزيئات تحرير الجينات. حَقَن الباحثون مادة "كريسبر-الذهب" في منطقتين في أدمغة الفئران، ووجدوا أن النظام قام بتحرير الجينات في العديد من أنواع الخلايا الرئيسة.

وقد جرَّب الفريق التقنية على الفئران المعدَّلة وراثيًّا، التي تمثل نموذجًا لمتلازمة "كروموسوم إكس" الهش، وهي متلازمة وراثية مرتبطة باضطرابات طيف التوحد. أسكت "كريسبر-الذهب" الجين مفرط النشاط، المرتبط بالمتلازمة، وثبَّط السلوكيات المتكررة بشكل غير طبيعي.

Nature Biomed. Eng. **http://doi.org/crk3 (2018)**

سرطان

جزيء ذكي يحارب السرطان

تفرز الخلايا السرطانية بروتينات تأشير تمنع الخلايا المناعية التي تسمَّى "البلاعم الكبيرة" من مهاجمة الأورام. سعى أشيش كولكارني، من جامعة ماساتشوستس أمهرست، وشيلاديتيا سينجوبتا، من مستشفى بريجهام والنساء في كامبريدج بولاية ماساتشوستس، وزملاؤهما إلى التوصل إلى آلية جزيئية يمكنها إيقاف هذه الدفاعات.

صمـم الفريـق "جزيئًا ضخمًا" يثبـط بروتينًـا يسـمَّى CSF-1R، يتلقى إشـارات يمكنها إيقاف اسـتجابة البلاعـم الكبيـرة المضادة للورم، فضـلًا عن عرقلة مسـار التأشـير الذي تسـتخدمه الأورام؛ لمنـع البلاعم الكبيرة مـن ابتلاعها.

يقلل العلاج باستخدام الجزيء الضخم من نمو الورم في الفئران المصابة بنوع شرس من سرطان الثدي والميلانوما، وزاد من ابتلاع البلاعم الكبيرة للخلايا السرطانية.

Nature Biomed. Eng. **http://doi.org/crs9 (2018)**

تكنولوجيا

الجمع بين النمذجة ثلاثية الأبعاد واللعب

عملية محاكاة تفاعلية تمكِّن المستخدمين من التحكم بالجزيئات، ومراقبة تحركاتها في الواقع الافتراضي.

إنّ حركة الجزيئات المعقدة في النطاق النانومتري تنطوي على شبكة من القوى بين العديد من الذرات. ولإيجاد طريقة سهلة لدراسة هذه التفاعلات، طوَّر فريق بقيادة ديفيد جلواكي، من جامعة بريستول بالمملكة المتحدة، بيئة افتراضية؛ لمحاكاة البِنَى الجزيئية ثلاثية الأبعاد.

يقوم المستخدمون الذين يرتدون على رؤوسهم أجهزة الواقع الافتراضي (VR) - المتوفرة في الأسواق - بتحريك أجهزة التحكم المحمولة باليد؛ "للإمساك" بالجزيئات، والتحكم فيها، مثل تمرير الميثان خلال أنبوب كربوني نانوي، أو ربط عقدة في بروتين. وتقوم النماذج التي تعمل في المنظومة السحابية بالحسابات الفيزيائية.

وباستخدام نظام الواقع الافتراضي هذا، أكمل المستخدمون هذه المهام بشكل أكثر كفاءة عما يفعلون باستخدام

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جهاز حاسوب وفأرة، أو جهاز لوحي. يمكن لهذا البرنامج أن يساعد الباحثين على تصوُّر الجزيئات، وتصميمها، واختبار الفرضيات حول ميكانيكا الجزيئات، حسبما كتب الباحثون.

Sci. Adv. **4, eaat2731 (2018)**

علوم الكواكب

كوكب أسود من الفحم

كوكب ساخن وغازي يدور حول نجم بعيد، يُعَد واحدًا من أحلك الكواكب التي تم اكتشافها على الإطلاق.

استخدَمت مجموعة من علماء الفلك بقيادة تيو موتشنيك، من جامعة كيل بالمملكة المتحدة، تليسكوب "كيبلر" الخاص بوكالة ناسا؛ لدراسة نجم يسمَّى WASP-104، يقع على بعد حوالي 144 فرسخًا فلكيًّا من الأرض في كوكبة الأسد. كانت عمليات الرصد السابقة قد سَجَّلت تعتيمًا لضوء WASP-104 كل 1.76 يوم، ما يشير إلى أن هناك كوكبًا يمر بشكل منتظم أمام النجم، لكن فريق موتشنيك لم يتمكن من رصد ضوء النجم المنعكس من على سطح الكوكب، كما يتوقع العلماء عادةً بعد اكتشاف عالَم جديد. ولذلك، خلص الباحثون إلى استنتاج، مضمونه أن لون الكوكب أسود تمامًا تقْريبًا.

هذا، ويمكن لظلام الكوكب أن يساعد العلماء على اختبار أفكارهم بشأن أجواء الكواكب الخارجية، مثل كيفية تشكُّل السُّحب في عالَم يعكس القليل جدًّا من الضوء.

Astronom. J. **156, 44 (2018)**

علم الحيوان

أين ذهبت الحيتان البرية؟

تُظهِر عظام الحيتان القديمة أن الحيتان الرمادية والحقيقية كانت ذات يومٍ تسبح في البحر الأبيض المتوسط، وربما كانت تدعم صناعة صيد الحيتان الرومانية.

منذ زمن بعيد، كان شمال شرق المحيط الأطلسي يأوي كلًّا من الحيتان الرمادية (*Eschrichtius robustus*، في الصورة)، والحيتان الحقيقية (*Eubalaena glacialis*)، لكنْ ساعد صيد الحيتان على إبادتها من المنطقة. ولم يكن معروفًا ما إذا كانت هذه الأنواع قد جابت أيضًا البحر الأبيض المتوسط - الذي يربطه بالمحيط الأطلسي مضيق جبل طارق - أَمْ لا. وللتحقق من تاريخ الحيوانات، قامت آنا رودريجز، من المركز الوطني للبحوث العلمية في مونبلييه بفرنسا، وزملاؤها بتحليل البروتينات والحمض النووي في شظايا العظام التي تم استخراجها من المواقع الأثرية الرومانية بالقرب من جبل طارق. حدَّد الفريق الحيتان الحقيقية والرمادية، بوصفها مصادر للعديد من الشظايا، ما يشير إلى أن البحر الأبيض المتوسط كان بمثابة منطقة توالد لكلا النوعين قبل حوالي ألفي عام. ويقول الباحثون إن مصانع معالجة السمك الرومانية حول جبل طارق ربما تكون قد صنّعت لحوم الحيتان، فضلًا عن السمك.

Proc. R. Soc. B **285, 20180961. (2018)**

علوم المناخ

الصحاري الكبرى أصبحت أكثر رطوبة

كانت الصحراء الشرقية والصحاري العربية أكثر جفافًا قبل قرنين من حالها اليوم.

فقد حلل توماس فيليس، من جامعة بريمن في ألمانيا، وزملاؤه نظائر الاسترونشيوم، والكالسيوم، والأكسجين في الشعاب المرجانية التي تنمو في شمال البحر الأحمر. تحوي النظائر إشارات إلى درجات الحرارة السابقة في البحر الأحمر، وبالتالي في الصحاري المحيطة به. وتمكَّن العلماء من إعادة بناء درجات الحرارة السنوية والجفاف، بدءًا من الوقت الحالي، عائدين حتى عام 1751. وتشمل تلك الفترة الجزء الأخير من العصر الجليدي الصغير، الذي تَمَثَّل في حدوث موجة باردة دامت قرونًا، واجتاحت أوروبا، وجزءًا كبيرًا من الكرة الأرضية، وانقشعت في عام 1850 تقريبًا.

ولم يُظْهِر المرجان في البحر الأحمر أي دليل على البرودة خلال تلك الفترة الزمنية، بل تشير البيانات إلى أن الأوضاع المحلية كانت أكثر جفافًا بصورة ملحوظة بين عامي 1750، و1850 تقريبًا مما هي عليه اليوم.

ويمكن تفسير هذا الجفاف من خلال أنماط دوران الغلاف الجوي، التي حملت الهواء الدافئ والجاف إلى الصحراء الشرقية، والصحاري العربية.

Geophys. Res. Lett. **http://doi.org/gdshsg (2018)**

علم الكواكب

مياه الأمطار جرت في أنهار المريخ

شَقَّت المجاري المائية سريعة التدفق على كوكب المريخ في قديم الأزل وِدْيانًا نهرية تشبه - إلى حد كبير - تلك الموجودة على الأرض في الأزمنة المعاصرة.

وعلى الرغم من أن المريخ الآن بارد وجاف، فإنّ القنوات على سطحه تبدو كما لو أن المياه الجارية هي التي شكلتها، ما دفع الباحثين إلى الاعتقاد أن الكوكب كان دافئًا ورطبًا في الماضي. ومع ذلك، كافح العلماء؛ لتحديد ما إذا كانت تلك المياه قد سقطت في صورة أمطار، أم نضحت من الأرض.

لتحديد مصدر المياه، قام هانسجورج سيبولد، من المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا (ETH) في زيوريخ، وزملاؤه بتحليل الشكل الهندسي لقنوات وِدْيان المريخ. تتفرع القنوات بزوايا ضيقة نسبيًّا، كما تفعل المجاري المائية في المناطق القاحلة على الأرض، مثل تلك الموجودة في جنوب غرب الولايات المتحدة. وتضم المناطق الأكثر رطوبة التي تحتوي على الكثير من المياه الجوفية - غابات الأمازون المطيرة مثلًا - قنوات نهرية تتفرع بزوايا أوسع.

يعزز هذا الاكتشاف فكرة أن قنوات المريخ (في الصورة) نُحتت عن طريق الجريان السطحي للمياه، وليس عن طريق النضوح من الأسفل.

Sci. Adv. **4, eaar6692 (2018)**

الكيمياء الفيزيائية

الروابط الوثيقة هي الأحلى طَعمًا

يُعتقَد أن حلاوة مذاق السكريات ترجع إلى النمط المعين للروابط المتكونة بين الذرات في جزيئات السكر، وبروتينات المستقبِلات في براعم التذوق، لكن غالبية أنواع السكر لها ترتيب مماثل من الذرات، ولذا، كان محيِّرًا تفسير سبب أنّ مذاق بعضها أحلى من غيره.

ولدراسة هياكل الجزيئات ثلاثية الأبعاد، قامت ماريا أنطونيتا ريتشي، من جامعة روما تري في روما، وزملاؤها بتشتيت النيوترونات من على ثلاثة أنواع من السكر المذاب في الماء. سمح هذا لهم بقياس أطوال روابط معينة بين جزيئات السكر، وجزيئات أخرى مجاورة. وتتكون الروابط (المعروفة بالروابط الهيدروجينية) بين ذرات الهيدروجين موجبة الشحنة والذرات الغنية بالإلكترونات، مثل الأكسجين.

ووجد الباحثون أن كلًّا من الفركتوز، والجلوكوز، والمانوز شكَّل روابط هيدروجينية ذات أطوال مختلفة؛ فالسكريات ذات المذاق الأحلى شكلت روابط أوثق وأقوى. ويرى الباحثون أن قوة الروابط الهيدروجينية في الجزيئات قد تكون العامل الأساسي في تحديد مستوى حلاوة السكر.

J. Phys. Chem. Lett. **9, 3667–3672 (2018)**



بحوث طبية

فئران تبدأ في التحرك بعد إصابة الحبل الشوكي

تتعافى الفئران المشلولة من إصابات معينة في الحبل الشوكي بمساعدة علاجات تستهدف مجموعة فرعية من الخلايا العصبية فيه.

تقطع العديد من إصابات الحبل الشوكي الوصلات المباشرة بينه وبين الدماغ، مع تجنب الدوائر الموضعية التي تنقل المعلومات بين أجزاء الحبل الشوكي. وغالبًا ما تتسبب مثل هذه الإصابات "غير التامة" في شلل كلي.

حدد تشيجانج هي، من كلية طب هارفارد في بوسطن بولاية ماساتشوستس، وشياوسونج جو، من جامعة نانتونج في الصين، وزملاؤهما جزيئًا صغيرًا يساعد على استعادة الحركة في الفئران المشلولة، بسبب إصابات غير تامة. يخفض الجزيء النشاط في فئة من الخلايا العصبية بالقرب من نسيج الحبل الشوكي المتضرر. ويغير هذا توازن النشاط الكهربائي في دوائر الحبل الشوكي؛ ما يساعد الدوائر الموضعية السليمة على نقل الأوامر الحركية من الدماغ عبر موقع الإصابة.

استعادت نسبة 80 في المائة من الفئران المشلولة - التي عولجت بهذا الجزيء لمدة تسعة أسابيع - قدرتها على التحرك بعض خطوات.

Cell **http://doi.org/csbx (2018)**

حوسبة

معركة العقول في الفضاء الكَمِّي

تتنافس خوارزميتان ضد بعضهما البعض في تقنية قوية لتعلُّم الآلة، كانت قد اجتذبت اهتمامًا واسع النطاق، حيث تحاول إحداهما تزييف البيانات؛ لتبدو حقيقية، وتلعب الأخرى دور المحقِّق، محاوِلةً الفصل بين الحقيقة والخيال. وفي هذه الطريقة - التي تُدعى "التعلّم المُناهِض الخلّاق" - يتعلم المزوِّر بسرعة كيف يخدع المحقِّق.

ابتكر سيث لويد، من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج، وكريستيان ويدبروك، من شركة «زانادو» Xanadu للحوسبة الكمية في تورونتو بكندا، نسخة من تقنية التعلّم المُناهِض، يمكنها أن تعمل على حواسيب كمية قيد التطوير الآن. ففي حين تُشفِّر أجهزة الحاسوب التقليدية البيانات على هيئة "بِتّات" ثنائية، تتخذ إما القيمة "صفرًا"، وإما "واحدًا"، تَعتمِد الحواسيب الكمية على الكيوبتات التي يمكن أن توجد في الحالتين "صفر"، و"واحد" في الوقت نفسه. ويمكن تطبيق التقنية الخاصة بالفريق على البيانات التقليدية، لكن يُتوقع لها أن تكون أسرع بشكل مطّرد عند تطبيقها على البيانات الكمية.

وإذا تمكنت الحواسيب الكمية الصغيرة من التعامل مع التقنية الجديدة؛ سيكون بإمكانها أن تُظْهِر قدرة على أداء مهام، لا يمكن للحاسوب العادي القيام بها، كما يقول الباحثون؛ مما يقدِّم أدلة على حقيقة "السيادة الكَمِّية".

Phys. Rev. Lett. **121, 040502 (2018)**



KIRILL KUKHMAR/TASS/GETTY

علم الجينوم

ثعالب اجتماعية

يبدو أن هناك جينات معينة تحدد مدى لطف الثعالب الحمراء تجاه البشر.

ففي عام 1959، بدأ علماء في روسيا بتربية الثعالب الحمراء (*Vulpes vulpes*)؛ لتكون لطيفة تجاه البشر. وفي وقت لاحق، بدأ الباحثون تربية مجموعة ثانية من الثعالب؛ لتكون عدوانية.

ولدراسة الخصائص الوراثية لهذه السلوكيات، جمعت آنا كوكيكوفا، من جامعة إلينوي في أوربانا شامبين، وجوجي تشانج، من جامعة كوبنهاجن، وزملاؤهما جينوم الثعلب الأحمر، واستخدموه لمقارنة التسلسلات الجينية للسلالات الروسية. وجد العلماء أن هناك 103 مناطق وراثية تختلف بين مجموعات الحيوانات وبعضها، بما في ذلك بعض المناطق المعروفة بمنح الكلاب سلوكها الأليف.

تشمل واحدة من تلك المناطق جينًا يسمَّى *SorCS1*. وفي البشر، ترتبط التغيرات في هذا الجين بمرض التوحد، ومرض ألزهايمر، لكن يبدو أن التغيرات في الثعالب تحدد ما إذا كان الثعلب أليفًا، أم عدوانيًّا.

ويشير الباحثون إلى أن الثعلب قد يمثل نموذجًا فعالاً لفهم الأساس الجيني للسلوك.

Nature Ecol. Evol. **http://doi.org/csvn (2018)**

فيزياء

جسيمات دوّارة تحطم الأرقام القياسية

تم حث جسيمات نانوية على الدوران بمعدل يفوق المليار دورة في الثانية الواحدة، محطمةً الرقم القياسي السابق بمُعامل قدره حوالي مائة.

استخدم فريقان منفصلان أشعة الليزر "كملاقط" مجهرية لرفع الأجسام الصغيرة، وتدويرها في حجرة مفرغة. عملت مجموعة منهما بقيادة رينيه ريمان، من المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيوريخ، على جسيمات السيليكا النانوية المفردة، وقام الفريق الثاني بقيادة تونجكانج لي، من جامعة بوردو في غرب لافاييت، بولاية إنديانا، بتحوير "الأثقال النانوية" التي تتكون من جسيمين نانويين متحدَين من السيليكا.

يمكن للتقنيات المماثلة أن تكون مفيدة في بحوث الفيزياء الفلكية، فعلى سبيل المثال، اقترح علماء آخرون أن بعض أنواع الأشعة الكونية ينشأ مع جسيمات الغبار سريعة الدوران في الفضاء بين النجوم.

ويمكن للتجارب على الجسيمات النانوية الدوارة أن تساعد الباحثين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

على اختبار هذه الفرضية.
Phys. Rev. Lett. **121, 033602; 033603 (2018)**

تغير المناخ

معدل الانتحار يلاحق الاحترار

يبدو أن ارتفاع معدلات الانتحار في المكسيك، والولايات المتحدة يرتبط بزيادة درجات الحرارة في هذين البلدين.

دَرَس مارشال بورك، من جامعة ستانفورد في كاليفورنيا، وزملاؤه سجلات المناخ والوفيات التي تغطي عدة عقود في آلاف المقاطعات الأمريكية والبلديات المكسيكية. ووجدوا ارتباطًا بسيطًا، لكنه ذو دلالة إحصائية بين زيادة درجة الحرارة، ومعدل الانتحار، حتى بعد الأخذ في الحسبان التأثيرات المحتمَلة للفقر، وحيازة الأسلحة، وعوامل أخرى. في البيانات المعدلة، ارتبط ارتفاعٌ مقداره درجة مئوية واحدة في متوسط درجة الحرارة الشهرية بزيادة معدل الانتحار الشهري بنسبة 0.68%، و2.1% في الولايات المتحدة والمكسيك، على الترتيب. ويوجد هذا الارتباط في كل من المناطق الأدفأ، والأبرد.

يقول الباحثون إنه إذا لم يتم الحدّ من تغيُّر المناخ من الآن، حتى عام 2050؛ فإن الولايات المتحدة قد تتكبد 14 ألف حالة انتحار أكثر مما هو متوقَّع من دون الاحترار، بينما قد تتكبد المكسيك زيادة قدرها 7,500 حالة.
Nature Clim. Change **8, 723–729 (2018)**

علم الجينوم

حياة الجُزُر أدّت إلى قِصَر القامة

تطوّر الإنسان قصير القامة في جزيرة فلوريس الإندونيسية، ليس مرة واحدة فقط، بل مرتين، وفقًا لتحليل الحمض النووي.

وحتى قبل 60 ألف سنة فقط، كانت جزيرة فلوريس موطنًا لإنسان فلوريس *Homo floresiensis* (**جمجمته في الصورة**)، وهو جنس قديم من البشر، كثيرًا ما يشار إليه باسم "الهوبيت"؛ لأن طوله كان حوالي متر واحد. ولإلقاء الضوء على العلاقات بين سكان فلوريس القدماء والمعاصرين، عمل ريتشارد جرين، من جامعة كاليفورنيا في سانتا كروز، وجوشوا آكي، من جامعة برينستون في نيو جيرسي، وزملاؤهما على وضع تسلسل الحمض النووي لاثنين وثلاثين شخصًا من جماعة من البشر قصيري القامة، يعيشون على جزيرة فلوريس اليوم.


JAVIER TRUEBA/MSF/SPL

قارن الباحثون هذا الحمض النووي بذلك المثيل له من البشر المعاصرين الآخرين وأقاربهم من البشر القدماء؛ ووجدوا أن سكان الجُزُر المعاصرين يحملون كميات ضئيلة من الحمض النووي من مجموعتين منقرضتين من أشباه البشر (hominins)، وإنسان دينيسوفان، وإنسان النياندرتال، لكنْ لا تُظْهِر جينومات سكان الجُزُر أي دليل على وجود تسلسلات جينية من إنسان فلوريس *H. floresiensis*.

يحمل الأشخاص قصار القامة الذين يعيشون الآن في جزيرة فلوريس عددًا من المغايرات الجينية، التي يمكن أن تكون مسؤولة عن طولهم. ويرى الباحثون أن معيشة حياة الجُزُر شكّلت تدريجيًّا جينات هؤلاء المقيمين؛ ما جعلهم أقصر قامة، تمامًا كما حدث مع إنسان فلوريس *H. floresiensis* في الماضي.
Science **361, 511–516 (2018)**

علم الحفريات

مَهْد من الكهرمان لأقدم ثعبان صغير

هناك خطٌّ متعرج داكن وصغير داخل كتلة قديمة من الكهرمان يمثل أقدم ثعبان صغير معروف في العالم.

MING BAI, CHINESE ACAD. SCI.

كان الحيوان الزاحف الذي لا يتخطى 5 سنتيمترات إما حديث السن، وإما جنينًا عندما غطاه النسغ للأجيال المقبلة، وفقًا لفريق بحثي بقيادة مايكل كالدويل من جامعة ألبرتا في إدمنتون، بكندا. يبلغ عمر العينة (**في الصورة**) المكتشفة في ميانمار حوالي 99 مليون سنة، وتنتمي إلى نوع جديد، أسماه الباحثون *Xiaophis myanmarensis*. ورغم أن رأس الثعبان مفقود، وبعض فقراته مفقودة، تم حفظه جيدًا، بحيث تمكَّن الباحثون من عَدّ 97 فقرة صغيرة، وتحديد أن هذا الحيوان الزاحف يمتلك حراشف متداخلة ماسية الشكل. وقد عاشت الثعابين الأخرى المعروفة تقريبًا كلها من الفترة الزمنية نفسها في الماء. وتوحي قِطَع من الحشرات والنباتات التي وُجدت في تابوت الثعبان الصغير الكهرماني بأنه كان يعيش على الأرض، ربما في غابة.
Sci. Adv. 4, eaat5042 (2018)

كيمياء

قوة الفقاعات تحفز الخلايا المصغرة

تنطلق كبسولات مصغرة خلال المياه بمساعدة مصدر طاقة غير محتمل، وهو فقاعات الأكسجين.

واستلهامًا بالعضيّات المليئة بالغاز المرئية في بعض من البكتيريا، استخدم بافان كومار، وأفيناش باتيل، وستيفن مان، من جامعة بريستول بالمملكة المتحدة، الحمض النووي والطين؛ لإنتاج خلايا "أولية"؛ وهي هياكل بدائية شبيهة بالخلايا، عَرْضها يتراوح بين 300 و400 ميكرومتر. تحتوي كل خلية أولية على إنزيم يسمَّى "كاتاليز"، يحول بيروكسيد الهيدروجين إلى أكسجين، وماء.

وعندما تتعرض خلية أولية لبيروكسيد الهيدروجين، يولّد الكاتاليز فقاعة من الأكسجين، أو أكثر. وبينما تُحتجز الفقاعات داخل الخلية الأولية، ينمو حجمها أكثر فأكثر، ما يجعل الخلية قابلة للطفو. وتُعَد مجموعة مكونة من 225 خلية أولية قوية بما يكفي لنقل كيس الفصل الغشائي من قاع وعاء به ماء إلى السطح.

قام الفريق أيضًا بإنتاج خلايا أولية من الحمض النووي، تحتوي على الكاتاليز، وإنزيم ثان، هو أكسيديز الجلوكوز، الذي يتغذى على الجلوكوز. طَفَت هذه الخلايا الأولية، وغاصت مرارًا وتكرارًا لمدة خمس ساعات، عندما عُرِّضت بالتناوب لبيروكسيد الهيدروجين، والجلوكوز.
Nature Chem. **http://doi.org/cs85 (2018)**

عدوى

سلالات الملاريا تتنافس على الفوز

لطالما شعر العلماء بالحيرة إزاء ملاحظة أن الملاريا المقاومة للأدوية تنشأ في جنوب شرق آسيا، أكثر منه في أفريقيا، التي بها أعلى معدل انتشار للمرض في العالم. والآن، تشير النمذجة الحاسوبية إلى منافسةٍ بين سلالات الملاريا، هي بمثابة تفسير جزئي لهذا النمط.

وغالبًا ما تصيب سلالات متعددة من طفيلي الملاريا الأخطر على الإطلاق (*Plasmodium falciparum*) شخصًا واحدًا. ولدراسة ديناميكيات تجمُّعات هذا الطفيلي، قامت ماري بوشمان، من جامعة إيموري في أطلنطا بولاية جورجيا، وزملاؤها بنمذجة أصل الأنواع المقاومِة للأدوية وانتشارها.

وجد الباحثون أنه إذا ما كانت الملاريا مستفحِلة؛ فإن الطفيليات الحساسة للأدوية في مجرى دم المضيف ستتفوق بسرعة على الطفيليات المقاومِة المنتشرة أيضًا في دمه. أما إذا كان معدل الإصابة بالملاريا منخفضًا؛ فسيكون مرجَّحًا أن تكتسب الأنواع المقاومة للأدوية موضعًا راسخًا، وتتغلب على الأخرى. وقام الفريق أيضًا بنمذجة أحداث في منطقة تعاني من عبء ثقيل يشكّله المرض، بعد أن ترسخ عدد كبير من السلالات المقاومِة. وفي هذا السيناريو، يمكن أن تنتشر السلالات المقاومِة بسرعة، إذا ما أدى الاستخدام واسع النطاق للأدوية المضادة للملاريا إلى القضاء سريعًا على السلالات الحساسة للأدوية.
PLoS. Biol. **16, e2005712 (2018)**

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


JAMES YUNGEL/NASA

أحداث

انطلاق قمر صناعي لرسم خرائط للرياح

انطلق القمر الصناعي «إيولوس»، التابع لوكالة الفضاء الأوروبية، نحو الفضاء في الثاني والعشرين من أغسطس الماضي في مهمة سوف تمتد إلى ثلاثة أعوام؛ لرصد الرياح حول العالم. يُعَد «إيولوس» أول قمر صناعي في العالم لرصد الرياح، وأُطلِق على صاروخ فيجا من الميناء الفضائي الأوروبي في كورو في جويانا الفرنسية. وسيقضي مشغلو المهمة الأشهر القليلة المقبلة في معايرة أجهزة المركبة الفضائية، ومنها نظام ليزر يعمل بالأشعة فوق البنفسجية؛ لقياس سرعة الرياح واتجاهها في الثلاثين كيلومترًا الأدنى من الغلاف الجوي. وقد اعتمدت وكالة الفضاء الأوروبية مهمة «إيولوس» في عام 1999، بيد أن تطوير أجهزة القمر الصناعي استغرق وقتًا أطول من المتوقع. وتمثّلت المشكلة الأساسية في تعقيد بناء جهاز ليزر أشعة فوق بنفسجية قوي يستطيع العمل في الفراغ. وبمجرد أن يبدأ «إيولوس» في إجراء عمليات الرصد العلمية، ستُدرَج البيانات المجمَّعة من المهمة في توقعات الطقس الرقمية؛ لتحسين التوقعات الصادرة عن وكالات الطقس الوطنية.

أحداث

البكتريا المقاومة

قالت منظمة الصحة العالمية، وهيئتان أخريان تابعتان للأمم المتحدة، في تقرير صدر في الثامن عشر من يوليو الماضي، إن دولًا كثيرة من الدول منخفضة الدخل متأخرة في اتخاذ إجراءات لمنع البكتيريا مِن أنْ تصبح مقاوِمة للمضادات الحيوية. تتضمن هذه الخطوات تحسين الصرف الصحي، والنظافة الصحية. ويذكر التقرير أن حوالي ربع مرافق الرعاية الصحية في أفريقيا ما زال يعاني نقص الماء. وما يزيد قليلًا على نصف سكان العالم يعيشون في دول ليس لديها نظام وطني لمراقبة استهلاك المضادات الحيوية، وحوالي نصف الدول منخفضة الدخل لا يشترط وجود وصفة طبية لصرف الأدوية المضادة للميكروبات. واكتشفت المراجعة أن 93 دولة فقط من الدول الأعضاء في الأمم المتحدة - البالغ عددها 194 دولة - أبلغت أنها وضعت استراتيجيات لوقف تطوير البكتيريا للمقاومة.

سياسات

قوانين محطات الطاقة

كشفت وكالة حماية البيئة الأمريكية، في الواحد والعشرين من أغسطس الماضي، عن خطتها التي طالما وعدت بها لتخفيف القيود الفيدرالية المفروضة على انبعاثات غازات الدفيئة الصادرة عن محطات توليد الطاقة. يستهدف المقترَح لائحة المناخ البارزة التي وضعها الرئيس السابق باراك أوباما تحت مسمى "خطة الطاقة النظيفة"، التي كانت تهدف إلى خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن قطاع الطاقة بنسبة 32% عن مستويات عام 2005 بحلول عام 2030. وسيتيح مقترح وكالة حماية البيئة للولايات بأنْ تحدد أهدافًا خاصة بها لخفض الانبعاثات، وسيشدد على استخدام التقنيات التي تتسم بكفاءة استخدام الطاقة على نطاق محطات الطاقة المنفردة. وفي حال الانتهاء من المقترح وتطبيقه، سيحل محل "خطة الطاقة النظيفة"، التي طُرِحَت في عام 2015، لكن المحكمة العليا أوقفتها في عام 2016، في انتظار الخضوع لمراجعة قانونية. وستقبل وكالة حماية البيئة تعليقات الجمهور على مسودة القوانين لمدة 60 يومًا، قبل وضع صيغتها النهائية. وللاطلاع على المزيد.. انظر: .go.nature .com/2mj42pa

البيانات الوراثية

وضعت مجموعة من الشركات المتخصصة في اختبارات الحمض النووي مبادئ توجيهية؛ لمشاركة بيانات المستخدمين مع الجهات المعنية بإنفاذ القانون، والشركات الربحية. ففي الواحد والثلاثين من يوليو الماضي، أصدرت شركة «23 آند مي» في ماونتن فيو بولاية كاليفورنيا، وشركة «أنسيستري» في ليهي بولاية يوتا، وعدة شركات أخرى تتعامل مباشرة مع المستهلِك، وثيقة تصف معايير طريقة استخدام البيانات الوراثية، وتخزينها، بما في ذلك خصوصية المستخدِم، وأمن البيانات، والإجراءات القانونية لمشاركة البيانات مع الشرطة. وتحظر هذه المبادئ التوجيهية كذلك من مشاركة البيانات الوراثية مع جهات معينة، مثل أرباب العمل، وشركات التأمين، دون موافقة المستخدم. تأتي هذه الخطوة بعد أن تعرَّف محققون في كاليفورنيا على مشتبه فيه بارتكاب سلسلة من جرائم القتل والاغتصاب، اشتهر باسم قاتل الولاية الذهبية، عن طريق مقارنة عينة حمض نووي حُصِل عليها من مواقع الجرائم ببيانات وراثية ،كان أقارب المشتبه فيه قد قدَّموها إلى شركة الاختبارات الوراثية «جيه إي دي ماتش». وحظيت خصوصية البيانات الوراثية بالاهتمام في شهر يوليو أيضًا، عندما أعلنت شركة «23 آند مي» أنها ستشارك بيانات المستخدمين، بعد الحصول على إذنهم، مع شركة المستحضرات الدوائية الكبرى «جلاكسو سميث كلاين»، بعد استثمارها 300 مليون دولار أمريكي في شركة «23 آند مي».

أبحاث

مزاعم حول موصِّلات

أعلن فريقان من علماء الفيزياء عن وجود إشارات للموصلية الفائقة – قدرة المادة على حمل تيار، دون مقاومة – عند درجات حرارة مرتفعة على نحو غير مسبوق. فقد نشر فريق بقيادة ميخائيل إريميتس، من معهد ماكس بلانك للكيمياء في ماينز

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بألمانيا، نسخة ما قبل النشر لورقة بحثية على خادم «أركايف» arXiv في الثاني والعشرين من أغسطس الماضي، أشارت إلى حدوث انخفاض في المقاومة الكهربائية في أحد مركّبات اللانثانوم-الهيدروجين، بعد تبريده إلى أقل من -58 درجة مئوية ونسخة ما قبل النشر متاحة على الرابط التالي: (A. P. Drozdov *et al*. Preprint at https://arxiv.org/abs/1808.07039; 2018). وإذا تأكَّد ذلك، فإن الرقم الجديد سيكون قد حطم الرقم القياسي السابق، وهو -70 درجة مئوية، الذي حققه الفريق ذاته في عام 2015. بعدها، أعلن راسل هيملي وزملاؤه، من جامعة جورج واشنطن في واشنطن العاصمة، في الرابع والعشرين من أغسطس عن وجود أدلة أولية على درجات حرارة تحوّل أكثر إبهارًا تبلغ -13، و+7 درجة مئوية في مادة مماثلة، ونسخة ما قبل النشر متاحة على الرابط التالي: (M. Somayazulu *et al*. Preprint at https://arxiv.org/abs/1808.07695; 2018). وتطلبت الطريقتان كبس العينات بين طرفين من الألماس تحت مستويات ضغط شديدة. ويعمل الفريقان حاليًّا على تأكيد أن المادتين قيد الدراسة من الموصّلات الفائقة.

تطوُّر الخلايا الجذعية

يستعد أطباء في اليابان لزرع خلايا عصبية مُصنَّعة من خلايا جذعية "معادة برمجتها" في أشخاص يعانون من مرض باركنسون. وهذا هو التطبيق الإكلينيكي الثالث فقط للخلايا الجذعية المُستحَثة متعددة القدرات، التي يجري تطويرها عن طريق تحفيز خلايا أنسجة الجسم، مثل الجلد، لكي تعود إلى حالة شبه جنينية، ومنها يمكن أن تتشكّل متحولةً إلى أنواع أخرى من الخلايا. استخدم الباحثون التقنية لإنتاج سلائف الخلايا المُصنَّعة للناقل العصبي الدوبامين، التي تتحلل وتموت في الأشخاص الذين يعانون من مرض باركنسون. وسيحقن الأطباء في مستشفى جامعة كيوتو خمسة ملايين من الخلايا السلفية هذه في أدمغة سبعة أشخاص يعانون من هذا المرض. ولأنّ الخلايا العصبية المُنتِجَة للدوبامين لها دور في المهارات الحركية، فإن المرضى المصابين بهذه الحالة المرضية يعانون عادةً من رجفات، وتَيَبُّس في العضلات. وسيخضع المشاركون للملاحظة لمدة عامين بعد زرع الخلايا. وقد أثبت أحد قادة التجربة - وهو عالِم الخلايا الجذعية جون تاكاهاشي، الذي يعمل في مركز أبحاث الخلايا الجذعية المستحثة متعددة القدرات وتطبيقاتها في كيوتو - في عام 2017 أن العلاج قد حَسَّن من الأعراض في القردة التي عانت من إحدى صور هذا المرض (T. Kikuchi *et al*. Nature 548, 592-596; 2017). وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/2kcgbap.

خرائط كونية

أصدر تليسكوب فضائي أوروبي، رَصَد التوهج الخافت اللاحق للانفجار العظيم، آخِرَ خرائطه وأكثرها دِقَّة للمراحل الأولى من نشأة الكون في السابع عشر من يوليو الماضي (انظر: go.nature.com/2jt0sbi). أُطلِق تليسكوب "بلانك"، التابع لوكالة الفضاء الأوروبية، في عام 2009، وأنهى دراسته لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي في عام 2013، إلا أن الفريق العلمي قد حدَّث تقنيات تحليل البيانات التي يستخدمها؛ لتحسين دقة قياساته للملامح المهمة للكون. ولا تزال بيانات التليسكوب "بلانك" تتوقع أن الكون الحالي يُفترض أن يتمدد بسرعة أقل بنسبة 9% من السرعة التي تشير إليها أرصاد المجرّات القريبة نسبيًّا. ولم يرصد التليسكوب بصمة موجات الجاذبية الناتجة عن المراحل الأولى من الانفجار العظيم، التي من شأنها أن تشير إلى تمدُّد مطرد مبكر، يُعرَف بـ"التضخم"، لكنْ يمكن لتجارب مستقبلية أكثر دقة أن تعثر على هذه البصمة.



IAN ALDERMAN

منشآت

مصفوفة التليسكوب الراديوي الأفريقية

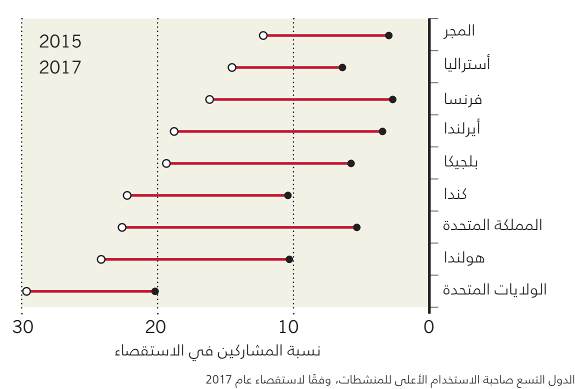
وافقت جنوب أفريقيا على إنشاء مشروع تليسكوب راديوي، بتكلفة 70 مليون راند (4.8 مليون دولار أمريكي)، سوف يدرس ظاهرتين فلكيتين غامضتين، هما: الأحداث فائقة القوة مجهولة السبب، التي تُسمَّى الانفجارات الراديوية السريعة، والطاقة المظلمة، وهي قوة تُسرِّع من تمدُّد الكون. وسوف يبدأ إنشاء تجربة كثافة الهيدروجين والتحليل الآني (هيراكس)، خلال العام القادم في صحراء كارو. وتضم هذه المنطقة بالفعل مصفوفة (ميركات)، المؤلَّفة من 64 طبقًا. وسوف تتألف تجربة (هيراكس) في البداية من 128 مكونًا تشبه الطبق (في الصورة، أول بضعة أطباق)، وسوف تعمل معًا كتليسكوب راديوي واحد. وسوف يَدرس هذا التليسكوب خصائص الطاقة المظلمة في الكون، التي يتراوح عمرها ما بين 7 إلى 11 مليار عام. يأمل الباحثون في أن يحدد التليسكوب كذلك - للمرة الأولى - مكان الانفجارات الراديوية السريعة في المجرّات التي تحدث فيها. وسوف يكون التليسكوب نظيرًا في نصف الكرة الجنوبي لتجربة تعيين كثافة الهيدروجين الكندية، التي كشفت عن أول انفجار راديوي سريع لها خلال الشهر الماضي. هذا، وسوف يجري توسيع تجربة «هيراكس»، التي تموِّلها مؤسسة البحوث الوطنية في جنوب أفريقيا، وجامعة كوازولو ناتال في دوربان، لتشمل 1,024 طبقًا بحلول عام 2020.

مراقبة الاتجاهات

يشهد التعزيز الإدراكي الدوائي - أي الاستخدام غير الطبي للعقاقير المنشطة، بغرض زيادة التركيز أو تقوية الذاكرة في أثناء العمل أو المذاكرة - نموًّا في جميع أنحاء العالم، وفقًا لما تشير إليه دراسة استقصائية أُجريت على أكثر من 100 ألف شخص. ففي الفترة بين عامي 2015، و2017، زاد عدد الأشخاص الذين ذكروا أنهم يستخدمون عقاقير غير مشروعة، أو أدوية تُصرَف بوصفات طبية لهذا الغرض في الدول الخمس عشرة كلها التي أُجريت عليها الدراسة الاستقصائية. وتتضمن الأدوية الأكثر استخدامًا التي تُصرَف بوصفات طبية: مودافينيل، وآديرال، وريتالين (ميثيل فينيدات).

السعي للتعزيز الإدراكي

لقد زاد استخدام المنشطات التي تُصرَف بوصفة طبية، والمنشطات غير المشروعة؛ بهدف "تعزيز الإدراك الدوائي" في جميع الدول التي رصدتها شركة الدراسات الاستقصائية "جلوبال درج سيرفاي"، مع حدوث أكبر الزيادات في الدول الأوروبية.



الدول التسع صاحبة الاستخدام الأعلى للمنشطات، وفقًا لاستقصاء عام 2017

أخبـــار في دائرة الضـوء

علم الوراثة اختبار تقنية الدفع الجيني في الثدييات للمرة الأولى **ص. 20**

علم الفلك ناسا على وشك الوصول إلى أقرب نقطة دنو من الشمس **ص. 22**

الرياضيات الإعلان عن الفائزين بميداليات فيلدز المرموقة **ص. 23**





التنوع الحيوي الخلافات تهدد جهـدًا عالميًّا لحفظ الأنواع **ص. 29**

ICECUBE/NSF

مختبر آيس كيوب في القارة القطبية الجنوبية.

المناخ

تتبُّع جسيم آتٍ من الفضاء

عندما اندفع أحد النيوترينوات بسرعة مذهلة عبر القارة القطبية الجنوبية، تَسابَق علماء الفيزياء الفلكية للعثور على مصدره.

دافيديه كاستيلفيكي

يُسهِم جسيم واحد من الجسيمات دون الذَّرية، تم اكتشافه في القطب الجنوبي في سبتمبر الماضي، في حل لغز كوني كبير، مضمونه السؤال التالي: عَمَّ تنشأ الأشعة الكونية المشحونة كهربائيًّا، التي تُعتبر الجسيمات الأكثر شحنًا بالطاقة في الطبيعة؟

تشير الدراسات المُتابِعة لمسار الجسيم، التي أُجريت بواسطة ما يزيد على اثني عشر مرصدًا، إلى أن الباحثين قد مَيَّزُوا - للمرة الأولى - مجرّة نائية، كمصدر للنيوترينوات عالية الطاقة. ويمكن لهذا الاكتشاف بدوره أن يساعد العلماء على التحديد الدقيق للمَصادر التي لا تزال غامضة للأشعة الكونية، والبروتونات، والأنوية الذرية، التي تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجي. إنّ الآليات التي تَنْتُج عنها الأشعة الكونية لا بد أن تكون هي نفسها التي تَنْتُج عنها أيضًا النيوترينوات عالية الطاقة.

وقد وصفَتْ فِرَق متعددة لباحثين من جميع أنحاء العالم مصدر النيوترينو فيما لا يقل عن سبع ورقات بحثية، صدرت في الثاني عشر من يوليو الماضي. تقول إليسا ريسكوني، عالمة فيزياء الجسيمات الفلكية بالجامعة التقنية في ميونيخ بألمانيا: "كل شيء يشير إلى هذا بوصفه المصدر الممتلئ بالطاقة، ذا البريق الفائق. إنه لمصدر رائع الجمال".

اقترح علماء الفيزياء الفلكية عددًا من السيناريوهات بالنسبة إلى الظواهر الفيزيائية الفلكية، التي يمكن أن تُنتِج كلًّا من النيوترينوات عالية الطاقة، ونظيراتها المشحونة كهربيًّا، ألا وهي الأشعة الكونية، إلا أنهم لم يتمكّنوا حتى الآن من إرجاع أيٍّ من هذه الجسيمات إلى مصدره بشكل لا لَبْس فيه. ◄

تنبيه بوجود أحد الميونات

بدأت القصة في 22 سبتمبر 2017، عندما انطلق جسيم مشحون كهربيًّا – يُسمى الميون – مُحْدِثًا أزيزًا عبر الغطاء الجليدي للقارة القطبية الجنوبية، بسرعة تُقارِب سرعة الضوء. وكان مرصد آيس كيوب (IceCube) – وهو بمثابة منظومة تضم أكثر من 5,000 مستشعر مدفون في كيلومتر مكعب من الجليد – قد كشف عن ومضات من الضوء، نتجت عن الميون في أعقاب هذا. وقد بدا أن الجسيم قد برز من تحت المِكشاف، وهو اتجاه يشير إلى أن هذا كان ناتجًا عن اضمحلال نيوترينو، كان قد جاء من تحت الأفق. ويمكن للميونات أن تنتقل فقط إلى هذا الحد داخل المادة، في حين أن النيوترينوات غالبًا ما تمر عبر الكوكب بأكمله، دون عوائق. ومعظم الميونات التي يكتشفها مرصد آيس كيوب ينشأ عن نيوترينوات اصطدمت بجسيم داخل الأرض.

وفي غضون ثوان، كانت مجموعة من الحواسيب الموجودة في محطة أمونسن-سكوت ساوث بول - التابعة لمؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية - قد قامت بإعادة بناء المسار الدقيق الذي اتخذه الجسيم، وتوصلت إلى إدراك أنّ الميون سبق له أن جاء من نيوترينو ذي طاقة عالية. وبعد مرور 43 ثانية على الحدث، أرسلت المحطة تنبيهًا آليًّا إلى شبكة من الفلكيين عبر أحد روابط الأقمار الصناعية، واستَخدم التنبيه الوسم IceCube-170922A لوصف النيوترينو.

بعد تَلَقِّيه التنبيه، سارع ديريك فوكس - عالِم الفيزياء الفلكية بجامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك - بتوفير وقت مراقبة على مرصد الأشعة السينية (سويفت) Swift، الذي يدور حول الأرض. وجد فوكس وفريقه تسعة مصادر للأشعة السينية عالية الطاقة بالقرب من المكان الذي سبق للنيوترينو أن أتى منه. وكان مِن بين هذه المصادر جُرْم يُدعى TXS 0506+056 . هذا الجُرم هو نجم زائف متوهج (أو بلازار Blazar)، وهو بمثابة مجرّة ذات ثقب أسود فائق الضخامة في مركزها، ويُعرف بأنه مصدر لأشعة جاما. وفي داخل البلازار، يأجج الثقب الأسود الغاز؛ ليصل إلى درجات حرارة تبلغ ملايين الدرجات، ومن ثم يُطلِقه من قطبيه على هيئة نَفْثتين لمُسدَّدتين تسديدًا بالغًا. وفي هذه الحالة، تُشير إحدى النفثتين تجاه المجموعة الشمسية. وفي اليوم التالي، أعلن فريق فوكس عن نتائجه التي توصل إليها لمجتمع علماء الفلك.

وفي الأيام التالية، قام فريق آخر بفحص بيانات مأخوذة من تليسكوب فيرمي-لات (Fermi-LAT)، وهو تليسكوب للمناطق الكبيرة، موجود على متن تليسكوب فيرمي الفضائي لأشعة جاما، التابع لوكالة ناسا. يقوم تليسكوب فيرمي-لات بمسح السماء باستمرار. ومن بين المهام الأخرى التي يضطلع بها، أنه يقوم برصد حوالي 2,000 بلازار. تمر هذه الأجرام بفترات من النشاط الزائد، قد تمتد إلى أسابيع، أو شهور. وخلال هذه الفترات تصبح هذه الأجرام متوهِّجة بشكل غير معتاد. تقول ريجينا كابوتو، عالمة الفيزياء الفلكية بمركز جودارد لرحلات الفضاء، التابع لناسا، والكائن بمدينة جرينبيلت بولاية ميريلاند، وهي منسِّقة التحليل لتليسكوب فيرمي-لات: "عندما نظرنا إلى المنطقة التي قال مرصد آيس كيوب إن النيوترينو قد أتى منها، لاحظنا أن هذا البلازار كان متوهِّجًا أكثر من أي وقت مضى".

> «كل شيء يشير إلى هذا بوصفه المصدر الممتلئ بالطاقة، وذا البريق الفائق. إنه لمصدر رائع الجمال».

في الثامن والعشرين من سبتمبر الماضي، أرسل فريق تليسكوب فيرمي-لات تنبيهًا يُفصِح عن هذا الاكتشاف. وقد كان هذا إيذانًا بإشعال حماس علماء فلك آخرين. رصد مرصد آيس كيوب – منذ أن بدأ في العمل في عام 2010 – حوالي اثني عشر نيوترينو سنويًّا من مثل هذه النيوترينوات عالية الطاقة، إلا أنه لم يسبق أن تم ربط أيٍّ منها بمصدر محدد في السماء. يقول فوكس: "هذا هو ما جعل شعر رؤوسنا يقف من الذهول".

وقد قام الباحثون العاملون مع مرصد آيس كيوب، وتليسكوب فيرمي-لات بحساب احتمال وجود ارتباط بين التوهُّج والنيوترينو، وليس كونهما قادمَين من الاتجاه نفسه في السماء بمحض الصدفة. ووجد الباحثون أن هناك احتمالًا جيدًا لهذا الارتباط، بالرغم من أن هذا لم يكن على مستوى الدلالة الإحصائية اللازمة لأنْ يَزْعُموا التوصُّل إلى اكتشاف في علم الفيزياء[1,2].

تقول سيمونا بايانو - من المرصد الفلكي بمدينة بادوڤا بإيطاليا - إنّ إحدى المعلومات الرئيسة الغائبة كانت المسافة التي يبعُد بها البلازار عن الأرض. ولقياس هذه المسافة، قامت بايانو وفريقها بحجز 15 ساعة من وقت المراقبة على أكبر تليسكوب بصري في العالم، وهو تليسكوب جران تليسكوبيو كاناريا‌س، الذي يبلغ قطر مرآته 10.4 متر، ويقع على جزيرة لا بالما، إحدى جُزُر الكناري الإسبانية. وتوصَّل الفريق إلى أن البلازار يبعُد حوالي 1.15 مليار فرسخ فلكي (3.78 مليار سنة ضوئية)[3].

يقول كايل كرانمر - خبير فيزياء الجسيمات وتحليل البيانات بجامعة نيويورك - إن البيانات – عند تجميعها معًا – تحدِّد المصدر المحتمَل، إلا أن كرانمر يحذِّر قائلًا: "إن الرصد ليس واضحًا بشكل لا لبس فيه؛ فثمة حاجة إلى المزيد من المتابعة للتثبُّت بشكل قاطع مِن أنّ البلازارات هي مصدر للنيوترينوات عالية الطاقة". ■

1. IceCube Collaboration. *Science* **361**, 147–151 (2018).
2. IceCube Collaboration *et al. Science* **361**, eaat1378 (2018).
3. Paiano, S., Falomo, R., Treves, A. & Scarpa, R. *Astrophys. J. Lett.* **854**, L32 (2018).

التحرير الجيني

اختبار محركات الجينات في الثدييات للمرة الأولى

التقنية تعمل في الفئران بشكل غير متسق.

إوين كالاوي

تم تطبيق تقنية مثيرة للجدل، يمكنها تغيير جينومات سلالات أنواع كاملة، على الثدييات للمرة الأولى. ففي نسخة ما قبل النشر (preprint)، التي ظهرت في الرابع من يوليو الماضي، وصف الباحثون عملية تطوير «محركات للجينات» في الفئران باستخدام أداة التحرير الجيني «كريسبر» CRISPR، وهم يقولون إن هذه التقنية تعمل في الحيوانات بشكل غير متسق.

تَضْمن محركات الجينات أن يرث عدد أكبر من نسل أحد الكائنات الحية جينًا "أنانيًّا" معينًا مما يمكن أن يحدث بالمصادفة، ما يسمح لطفرة أو جين غريب بالانتشار بسرعة عبر إحدى المجموعات. تظهر محركات الجينات بشكل طبيعي في بعض الحيوانات، بما في ذلك الفئران، إلا أن أداة التحرير الجيني (كريسبر-كاس9 CRISPR-Cas9) قد سمحت بإنشاء محركات جينات اصطناعية، تستهدف القضاء على الأنواع التي تمثل مشكلة، على سبيل المثال، عن طريق جعل النسل عقيمًا. وقد تم إنشاؤها بالفعل في المختبر للبعوض، كاستراتيجية محتمَلة لمكافحة الملاريا. وأشار الباحثون إلى أن التقنية يمكن أن تساعد في القضاء على آفات القوارض. وقد أثارت هذه التقنية بعض الجدل، الذي وصل إلى محاولة فاشلة لحظر استخدامها على المستوى العالمي، إذ إنه في حال إطلاق الكائنات التي تحمل محركات الجينات هذه في البرية، قد يكون من الصعب حينئذ السيطرة عليها.

يقول الباحثون الذين أجروا الدراسة الأخيرة بقيادة كيم كوبر، عالِم الوراثة النمائية في جامعة كاليفورنيا في سان دييجو، إن هدفهم كان إنشاء منصة اختبار للتقنية في الثدييات (H. A. Grunwald *et al*. Preprint on bioRxiv http://doi.org/crw3; 2018). وبالعمل داخل أجنة الفئران، أحدث الباحثون تغييرًا في توارث طفرة تجعل الفئران مكسوَّة بالكامل بالفرو الأبيض. لم يتم نسخ هذه الطفرة بشكل صحيح في كل مرة، ولم تنجح العملية إلا في الأجنة الأنثوية. وقدَّر الفريق أن هذا قد يؤدي إلى انتقال إحدى الطفرات إلى 73% من ذرية أنثى الفأر، في المتوسط، بدلًا من النسبة المعتادة البالغة 50% لمعظم الجينات. وقد رفض كوبر التعليق على العمل، إذ لم يُنشر بعد في إحدى الدوريات الخاضعة لمراجعة الأقران.

ومن جانبه، يقول بول توماس، عالِم الوراثة النمائية في جامعة أديليد في أستراليا، إن هناك ما يشير إلى إمكانية نجاح التقنية، لكن الدراسة أيضًا مثيرة للقلق. وقد صرح قائلًا: "هناك الكثير مما يجب عمله، قبل أن يكون بإمكانك اتخاذ محركات الجينات كأداة مفيدة للتحكم الجمعي في القوارض".

وقد تكون نتيجة ذلك - على حد قول كيم - هي إنتاج بيانات أكثر صلة بالأشخاص الذين يعالجهم هو وزملاؤه كل يوم، حيث يقول: "يتمتع هؤلاء المرضى بهذه الخصائص، وسوف يعالجهم أطباؤهم في نهاية الأمر. هذا هو العالم الحقيقي". ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الفلك

ناسا تنطلق نحو الهالة الشمسية

سوف يصل مسبار (باركر) Parker الشمسي إلى نقطة دنو من الشمس، لم تبلغها البشرية من قبل.

ألكسندرا فيتز

أبشر يا إكاروس.. فقد صَنعَتْ وكالة ناسا مركبة فضائية يمكنها الطيران عبر الغلاف الجوي للشمس، دون أن تنصهر.

في الثاني عشر من أغسطس الماضي، انطلق مسبار (باركر) Parker الشمسي - البالغة قيمته 1.5 مليار دولار أمريكي - من منصة إطلاق في كيب كانافيرال في فلوريدا. وفي خلال ثلاثة أشهر فقط، سوف يصبح أقرب إلى الشمس من أي مركبة فضائية قبله؛ وذلك لأخْذ أول قياسات مباشرة على الإطلاق للكَمّ الهائل من الطاقة في هذا النجم.

وهذه ليست سوى البداية، فعلى مدى السنوات السبع المقبلة سوف تحلّق المركبة حول الشمس 23 مرة أخرى، مقتربة أكثر فأكثر، حتى تكون في النهاية قد حلقت حوالي 6.2 مليون كيلومتر فوق السطح، أي داخل الهالة الشمسية؛ وبذلك تكون أقرب بسبع مرات من المسافة القياسية التي حققتها مركبة الفضاء الألمانية (هيليوس 2) Helios 2 في عام 1976.

يهدف مسبار باركر الشمسي إلى الإجابة على بعض أكبر الأسئلة البارزة حول الشمس، مثل كيفية تسخين الهالة حولها إلى ملايين الدرجات، فيما يبقى السطح تحتها باردًا نسبيًّا[1]. وسوف تزور المركبة الفضائية محل نشوء الرياح الشمسية، التي هي فيض من الجسيمات النشطة، التي تنساب إلى النظام الشمسي بسرعات تصل إلى 800 كيلومتر في الثانية. ومتى تصطدم الرياح الشمسية بالأرض؛ فإنها تولِّد شفقًا قطبيًّا جميلًا، غير أنها قد تؤدي أيضًا إلى تعطيل الاتصالات عبر الأقمار الصناعية وأنظمة الملاحة.

"سوف نكون هناك، حيث تَحْدُث كل الأشياء المثيرة"، هكذا تقول نيكولا فوكس، العالِمة في الفيزياء الشمسية بمختبر الفيزياء التطبيقية (APL) بجامعة جونز هوبكنز في لوريل بولاية ميريلاند، وهي أيضًا العالمة المسؤولة عن مشروع البعثة.

من شأن البيانات المأخوذة من هذا المسبار، الذي يغوص في الأعماق، أن تساعد الباحثين على تعزيز فَهْمهم للصورة المعقدة لكيفية تجميع الجسيمات، والمجالات المغناطيسية، والطاقة في الشمس. ومن جانبها، تقول نيكولين فيال، العالمة في الفيزياء الشمسية بمركز جودارد لرحلات الفضاء، التابع لوكالة ناسا، في جرينبيلت بولاية ميريلاند: "هذا أمر من شأنه أن يقلب الموازين".

منذ عام 1958، وفيزيائيو الفضاء يحلمون ببعثة تحلِّق عبر الهالة الشمسية، أو على الأقل تسافر داخل مدار كوكب عطارد، وهو الكوكب الأقرب للشمس. وفي العام نفسه، اقترح يوجين باركر، وهو عالِم في الفيزياء بجامعة شيكاجو بولاية إلينوي، الذي سُمي المسبار باسمه، وجود الرياح الشمسية للمرة الأولى[2].

وبعد عقود من التخطيط، انطلقت المهمة أخيرًا. ومن المخطط له بعد ثمانية أسابيع من الإقلاع، أن تمر المركبة محلِّقة من أمام كوكب الزهرة، مستخدِمة جاذبية الكوكب للإبطاء والتسلل إلى مدار أضيق حول الشمس. وبعد خمسة أسابيع من ذلك، في الثالث من نوفمبر، سوف يقترب المسبار للمرة الأولى - على بعد أكثر من 24 مليون كيلومتر - من سطح الشمس، أو 35 مرة طول نصف القطر الشمسي.

ومن هناك، سوف تدور المركبة الفضائية حول الشمس، مقتربةً أكثر بالتدريج، بينما تمر محلِّقة من أمام كوكب الزهرة ست مرات أخرى. ومن شأن هذا المسار أن يمنح المسبار الوقت الكافي لجمع المعلومات، كما يقول يانبنج جو، المهندس لدى APL، الذي صمم مسار البعثة.

وفي مكان ما بين المرة الأولى التي يقترب فيها من الشمس (عند 35 نصف قطر شمسي)، والمرات الأخيرة (في نطاق 10 أنصاف أقطار شمسية)، سوف يواجه المسبار سطح (ألفين) Alfvén، وهو الحد الذي تصبح عنده الرياح الشمسية أسرع من الصوت. يهيمن المجال المغناطيسي للشمس على داخل سطح ألفين، فيما تكون الرياح الشمسية خارجه أكثر انفصالاً، وتفيض بعيدًا من تلقاء نفسها.

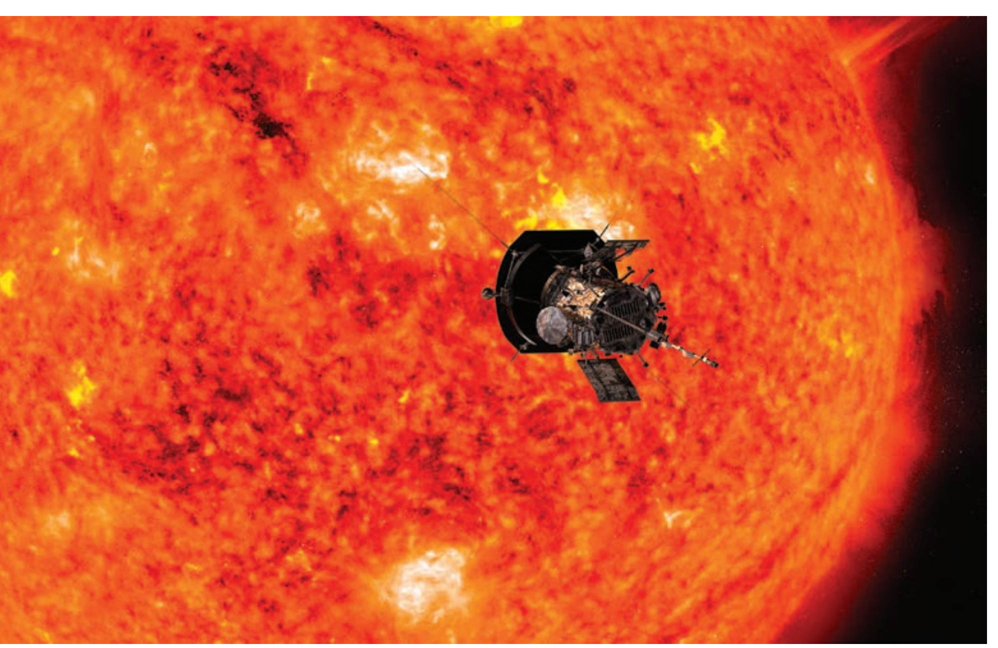
وسوف يكون عبور هذا الحدّ بمركبة فضائية مشابِهًا – رمزيًّا - للحظة التي دخل فيها مسبار (فوياجر 1) Voyager 1 إلى الفضاء بين النجمي في عام 2012، كما يقول جاستن كاسبر، وهو عالِم في الفيزياء بجامعة ميتشيجان في آن أربور، كان قد درس عمليات انتقال ألفين[3]. وسوف تسجل هذه اللحظة حدث مرور البشرية إلى عالَم آخر في النظام الشمسي. يقول كاسبر: "إنني واثق من أنّ شيئًا مميزًا سوف يحدث".

يقف مسبار باركر الشمسي بشكل عمودي، محمَّلًا بمجموعة من الأدوات المصمَّمة لفحص الهالة الشمسية مباشرة. ويحمي الأدوات درع حراري، عرضه 2.4 متر، ومصنوع من رغوة كربونية، سُمْكها 11 سنتيمترًا، محصورة بين طبقتين من مركب كربوني. ويمكنها تحمُّل درجات حرارة تقترب من 1,400 درجة مئوية. وستظل الألواح الشمسية التي تشغل المركبة الفضائية مبردة، من خلال نظام أنابيب المياه المماثِل لمبرِّد محرك السيارة. وفي أثناء السخونة الحارقة إثر الاقتراب من الشمس، سوف تُثنى غالبية الألواح الشمسية عائدةً للمبيت في ظل الدرع الحراري.

يأمل علماء البعثة أن يسهم مسبار (باركر) الشمسي في إطلاق حقبة جديدة من دراسات الشمس. فوكالة الفضاء الأوروبية تخطط لإطلاق مركبتها الفضائية (سولار أوربيتر) Solar Orbiter في عام 2020، التي سوف تدرس الشمس عند خطوط العرض الأعلى، ومن نقطة أبعد في الفضاء مما سيفعله مسبار (باركر) الشمسي. وبحلول عام 2020 كذلك، سوف يبدأ تليسكوب دانيال كيه. إينوي الشمسي في هاواي في العمل على إنشاء خرائط يومية للهالة الشمسية.

ومن جهته، يتطلع باركر، البالغ من العمر 91 عامًا، إلى رؤية الأمواج والاضطرابات في الرياح الشمسية، التي تنبأ بها، بينما يقيسها المسبار الذي يحمل اسمه. ويقول: "أتوقع أن أجد بعض المفاجآت". ■

1. Fox, N. J. *et al. Space Sci. Rev.* **204**, 7–48 (2016).
2. Parker, E. N. *Astrophys. J.* **128**, 664–676 (1958).
3. Kasper, J. C. *et al. Astrophys. J.* **849**, 126 (2017).



JHUAPL

سوف يكون مسبار باركر الشمسي أقرب إلى سطح الشمس سبع مرات أكثر من أي مركبة فضائية سابقة.

NASA



يُعتقَد أن المريخ يأوي بحيرة مدفونة، من شأنها تغيير طريقة استكشاف العلماء للكوكب الأحمر.

علم الكواكب

علامات على وجود بحيرة مدفونة في المريخ تثير حماس العلماء

في حال ثبوت وجود هذه البحيرة، ستكون أول مسطح مائي سائل يُكتشَف على الإطلاق على الكوكب الأحمر.

هايدي ليدفورد

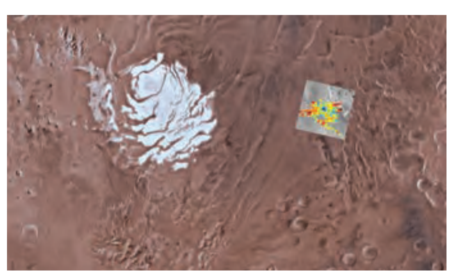
يبدو أن هناك بحيرة مالحة كبيرة توجد تحت الجليد بالقرب من القطب الجنوبي للمريخ. وفي حال ثبوت وجودها، ستكون أول مسطح مائي سائل يُكتشَف على الإطلاق على الكوكب الأحمر، وستمثّل علامة فارقة في طريق المساعي الرامية إلى تحديد ما إذا كانت توجد حياة هناك، أم لا.

يقول روبرتو أوروساي، عالِم الكواكب في المعهد الوطني للفيزياء الفلكية في بولونيا بإيطاليا: "إن البحيرة مكان واحد للغاية للبحث عن الحياة على المريخ، لكننا لا نعلم يقينًا ما إذا كانت مأهولة، أم لا". فعلى كوكب الأرض، تكون البحيرات "تحت الجليدية" المشابِهة موئلًا للحياة الميكروبية.

أعلن عن الاكتشاف فريق من الباحثين الإيطاليين، بقيادة أوروساي، في 25 يوليو الماضي في مجلة "ساينس" *Science*[1]، حيث رصد الفريق أدلة على وجود البحيرة المدفونة في بيانات رادارية قادمة من مركبة الفضاء (مارس إكسبريس) Mars Express، التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية.

يقول آخرون إن الاكتشاف مثير للحماس، لكنه - شأنه شأن غيره من المساعي المثيرة للجدل للبحث عن المياه على المريخ - يحتاج إلى المزيد من الأدلة الداعمة. يقول جيفري بلوت، عالِم الكواكب في مختبر الدفع النفّاث، التابع لوكالة ناسا في باسادينا بكاليفورنيا، الذي قام بالبحث عن المياه باستخدام بيانات من مركبة مارس إكسبريس[2]: "إن نجاح الاكتشاف لم يتأكد بعد".

إذا أكدت دراسات أخرى وجود البحيرة، فإن هذا الاكتشاف من شأنه فتح طرق جديدة أمام دراسة المريخ. فقد نقّب الباحثون البحيرات تحت الجليدية على سطح الأرض، وجمعوا عينات من المياه؛ بحثًا عن علامات على وجود ميكروبات، بينما يطوّر آخرون حاليًّا تقنيات للوصول إلى محيط مدفون على القمر (أوروبا)، الذي يدور حول المشترى. ولا توجد بعثات فضائية قيد التخطيط حاليًّا لحفر الجليد على سطح المريخ، لكن الاكتشاف الأخير يغيّر كيفية تفكير العلماء فيما يخص استكشاف الكوكب.



مسارات الرادار على منطقة «بلانوم أوسترال» في المريخ تُظهر موقع بحيرة مدفونة محتملة (موضحة باللون الأزرق).

ويقول جيم جرين، كبير العلماء في وكالة ناسا: "يثير الاكتشاف مجموعة جديدة من التساؤلات المثيرة جدًّا للحماس". تظهر المياه حاليًّا في أنحاء المريخ في صور متعددة، خلّفتها مليارات السنوات التي كان الكوكب فيها أكثر دفئًا ورطوبة. فقد رصدت المسابير المدارية جليدًا، وكتلًا جليدية في العديد من المواقع، والتقطت المركبات الفضائية صورًا لمنحدرات شديدة الانحدار، يتغيّر شكلها موسميًّا، كما لو كانت مياه سائلة تجري منحدرةً عليها، وتترك علامات داكنة. كما قاست مركبة (كيريوسيتي) Curiosity الجوّالة، التابعة لوكالة ناسا، بخار ماء في الغلاف الجوي للكوكب.

وجد أوروساي وزملاؤه البحيرة باستخدام أداة رادارية، تُسمَّى (مارسيس) MARSIS، على متن مركبة مارس إكسبريس، التي أُطلقت في عام 2003. ترسل هذه الأداة موجات راديو، ترتد عن سطح الكوكب والطبقات التي تحته؛ ومن شأن الطريقة التي ترتد بها موجات الراديو أن تكشف عن نوع المواد الموجودة في المكان، مثل الصخر، أو الجليد، أو الماء. وركز العلماء في بحثهم على طبقات الجليد والغبار التي تغطي القطب الجنوبي للكوكب.

غير أن الأرصاد كانت غير متسقة على نحو مُحبِط. فقد رصدت مركبة مارس إكسبريس أحيانًا انعكاسًا ساطعًا في عدة مواقع، لم يظهر في المرة التالية التي حلّقت فيها المركبة فوق هذه المواقع. وأخيرًا في عام 2012، قرر العلماء أن يجعلوا الأداة (مارسيس) ترسل بيانات أولية، بدلًا من إجراء معالجة آلية قبل إرسال البيانات إلى الأرض. ويقول أوروساي: "غيّر ذلك كل شيء، وكان رصد العاكسات الساطعة أكثر وضوحًا".

أظهرت البيانات الانعكاسات القادمة من نطاق طوله 20 كيلومترًا في منطقة تُعرَف باسم (بلانوم أوسترال). وبعد استبعاد الأسباب المحتملة الأخرى، مثل ثلج ثاني أكسيد الكربون، استنتج العلماء أن الانعكاسات كانت لمياه تحت السطح.

تقع البحيرة على بعد حوالي 1.5 كيلومتر تحت السطح الجليدي للمريخ، وعمقها متر واحد على الأقل. ولتحاشي التجمد، ينبغي أن تكون المياه مالحة جدًّا، بحسب أوروساي، ربما على نحو يماثل البحيرات تحت الجليدية شديدة الملوحة، التي عُثِر عليها في القطب الكندي الشمالي في وقت سابق من العام الجاري[3]. وتقول أنجا روتشهوسر، عالِمة الجليد بجامعة ألبرتا في إدمنتون، إن الصخور الغنية بالأملاح الواقعة تحت البحيرات الكندية تخلل الماء، وتسمح ببقائها سائلة. وعلى المريخ، قد تكون الأملاح المعروفة باسم البركلورات هي التي تكوّن الماء المالح؛ ففي عام 2008، وجدت مركبة (فينيكس) Phoenix الفضائية - التابعة لوكالة ناسا - بركلورات في تربة قريبة من جليد القطب الشمالي للكوكب.

ربما احتوى المريخ في الماضي على العديد من البحيرات المماثلة، عندما أدت الحرارة المتصاعدة من أعماق الكوكب إلى ذوبان بعض الجليد الذي يغطي مناطقه القطبية، حسبما يقول ستيفن كليفورد، وهو عالِم الكواكب الذي اقترح الفكرة[4] في عام 1987، ويعمل الآن في معهد علوم الكواكب في هيوستن بتكساس. ويضيف كليفورد قائلًا إنه إذا كانت الحياة قد ازدهرت ذات مرة في البحيرات القديمة تحت السطح، فإن الاكتشاف الأخير "يعزز فكرة أن الحياة ربما لا تزال قائمة على المريخ".

ويقول جون بريسكو، عالِم الكيمياء الجيولوجية الحيوية بجامعة مونتانا في بوزمان، إنه في ظل توفر المياه السائلة والعناصر الكيميائية الصحيحة للإمداد بالطاقة، فإنّ أيّ بحيرة مريخية مدفونة ستكون بها المكونات الضرورية من أجل حياة مستدامة، طالما أنها ليست شديدة الملوحة، لكنّ استكشافها لن يكون بالمهمة السهلة. ويقود بريسكو فريقًا يهدف إلى حفر بحيرة (ميرسر) تحت الجليدية في القارة القطبية الجنوبية في وقت لاحق من هذا العام. وتَطَلّب نقل الأطنان من المعدات والوقود اللازم إلى هناك أسابيع من اجتياز الغطاء الجليدي للقطب الجنوبي بالجرارات. ويضيف بريسكو: "من المستحيل نقل كل هذه المعدات إلى المريخ".

ولكن، ثمة طرق للحصول على مزيد من المعلومات باستخدام المركبات الفضائية الموجودة بالفعل. يشير جرين إلى أن مسبار (إنسايت) InSight - التابع لوكالة ناسا، الذي من المقرر له أن يهبط بالقرب من خط الاستواء المريخي في نوفمبر من هذا العام - سيقيس تدفق الحرارة في الأمتار الخمسة العلوية من سطح الكوكب. ويمكن أن يَستخدِم العلماء هذه البيانات؛ لاستقراء مقدار الحرارة الذي قد يخرج

USGS ASTROGEOLOGY SCIENCE CENTER, ARIZONA STATE UNIVERSITY, INAF

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

من أسفل الغطاء الجليدي القطبي الجنوبي، فيذيب الثلوج، ومن المحتمل أن ينتج المزيد من البحيرات.

يقول أوروساي إن فريقه لمح انعكاسات ساطعة أخرى، لكنه ليس مستعدًا للجَزْم بأن هذه الانعكاسات لبحيرات. ويقول بلوت إن المزيد من الدراسات باستخدام الأداة (مارسيس)، وكذلك الرادار الموجود على متن مركبة (مارس ريكونيسانس أوربيتر Mars Reconnaissance Orbiter، التابعة لوكالة ناسا - الذي رصد منطقة (بلانوم أوسترال)، ولم ير الانعكاسات - سيساعد على كشف ما إذا كانت هذه الانعكاسات مياه سائلة حقًّا، أم شيئًا آخر. ■

1. Orosei, R. *et al. Science* https://doi.org/10.1126/science.aar7268 (2018).
2. Plaut, J. J. *et al. Science* **316**, 92–95 (2007).
3. Rutishauser, A. *et al. Sci. Adv.* **4**, eaar4353 (2018).
4. Clifford, S. M. J. *Geophys. Res.* **92**, 9135–9152 (1987).

جوائز

عالِم نظرية الأعداد الفَذّ ضمن الحائزين على جائزة الرياضيات المرموقة

ميداليات فيلدز Fields تُمنح لباحثين في نظرية الأعداد، وعلم الهندسة، والمعادلات التفاضلية.



PABLO COSTA/ICM2018

مسارات الرادار على منطقة «بلانوم أوسترال» في المريخ تُظهر موقع بحيرة مدفونة محتملة (موضحة باللون الأزرق).

دافيديه كاستيلفيكي

كان من بين الفائزين في مسابقة ميداليات فيلدز لهذا العام، التي تُعَد أبرز جوائز الرياضيات في العالم، عالِم نظريات الأعداد بيتر شولز، الذي أصبح أصغر أستاذ جامعي في ألمانيا وهو في الرابعة والعشرين من عمره، وكوشر بيركار، المتخصص في علوم الهندسة، وهو لاجئ كردي. قُدّمت الجوائز، التي تُمنح كل أربع سنوات، في الأول من أغسطس الماضي، وتلقاها هذه المرة كذلك أليسيو فيجالي، الذي تشمل أبحاثه المعادلات التفاضلية، وأكشاي فنكاتيش، الذي يعمل أيضًا على نظرية الأعداد. أُعلن عن أسماء الفائزين في ريو دي جانيرو في البرازيل، في افتتاح المؤتمر الدولي لعلماء الرياضيات.

وتُمنح ميداليات فيلدز، التي يقدمها الاتحاد الدولي للرياضيات، لما يصل إلى أربعة رياضيين، جميعهم في سن الأربعين، أو أقل. وللمرة الأولى في تاريخها عبر 82 عامًا، لم يكن أي من الحاصلين عليها هذه المرة من مواطني الولايات المتحدة، أو فرنسا، وهما الدولتان اللتان حصدتا مجتمِعتَين ما يقرب من نصف الميداليات حتى الآن. ولا تزال مريم ميرزاخاني - وهي من بين الذين فازوا بها في عام 2014 - المرأة الوحيدة على الإطلاق التي تحصل على الجائزة. وقد (توفيت ميرزاخاني بسبب السرطان في عام 2017).

وكان بعض المراقبين متشككين في استحقاق بيتر شولز لميدالية فيلدز، أو في أنه سيفوز بواحدة هذا العام. فقد اشتهر الشاب الثلاثيني وهو في الثانية والعشرين من عمره بإيجاده طريقة يَختصِر بها كثيرًا أحد البراهين الطويلة جدًّا (بطول كتاب كامل) في الهندسة الحسابية.

يعمل شولز الآن أستاذًا بجامعة بون في ألمانيا، ومديرًا بمعهد ماكس بلانك للرياضيات في المدينة نفسها. ويدور معظم أعماله البحثية حول حقول التماثلات المرافقة (*p*-adic fields)، وهي امتدادات شاذة لنظام الأعداد العادي، وتُعَد أدوات مفيدة لدراسة الأعداد الأولية. وعلى التماثلات المرافقة، بنى شولز هياكل شبه كُسيرية، تسمَّى فضاءات شبه تامة، ساعدت على حل المشكلات عبر العديد من مجالات الرياضيات، بما في ذلك علم الهندسة، والطوبولوجيا. وفي الأشهر الأخيرة، تفحص شولز برهانًا ضخمًا لحدسية *abc*، وهي إحدى أكبر المسائل التي لم تُحَلّ بعد في نظرية الأعداد. وفي عام 2012، كان عالِم الرياضيات الياباني الغامض شينيتشي موتشيزوكي قد نشر برهانًا على شبكة الإنترنت، لكنْ لم يكن أحد وقتئذ قد تمكّن من التأكيد على صحته. والآن، يُقال إن شولز وأحد زملائه - جاكوب ستيكس - قد وجدا ثغرة كبيرة فيه.

أمّا كوشر بيركار، ذو الأربعين عامًا، فقد حقق قفزات هائلة في تصنيف التنوعات الجبرية؛ وهي عبارة عن أشكال هندسية تنشأ من معادلات متعددة الحدود، مثل $y=x^2$. وُلد بيركار في عام 1978 في منطقة تقع في غرب إيران، وتهيمن عليها المجموعة العرقية الكردية. وفي مقاطع فيديو تعريفية عن الحائزين على ميداليات فيلدز، يستعيد ذكريات طفولته قائلًا: "كان والداي من المزارعين، ولذا، قضيت وقتًا طويلًا في العمل في الزراعة. وبالطبع، لم يكن ذلك هو المكان المثالي لطفل، ليحفزه على الاهتمام بشيء كالرياضيات".

وفي عام 2000، بعد إتمام دراسته في جامعة طهران، انتقل بيركار إلى المملكة المتحدة، حيث مُنح صفة "لاجئ"، ثم الجنسية البريطانية فيما بعد. وهو الآن باحث في جامعة كامبريدج. وقال بيركار إنه يأمل أن تضع ميداليته "ابتسامة صغيرة على شفاه" أكراد العالم، المقدَّر عددهم بحوالي 40 مليون كردي.

وقد تَصَدَّر خبر فوزه عناوين الصحف الرئيسة، لكنْ بسبب شيء آخر أبعد من نطاق بحثه؛ حيث سُرقت حقيبته قبل انتهاء حفل توزيع الجوائز، وكانت ميداليته داخلها، لكن اللجنة المنظِّمة للمؤتمر قدمت له ميدالية بديلة في احتفال خاص في الرابع من أغسطس الماضي.

ويعمل أكشاي فنكاتيش، البالغ من العمر 36 عامًا، في عدة نطاقات، من بينها المسائل الكلاسيكية في نظرية الأعداد، بما في ذلك أنظمة الأعداد التي تتكون من كسور من الأعداد الصحيحة والجذور، مثل $\sqrt{2}$. ويُعَد فنكاتيش من علماء الرياضيات القلائل الذين حققوا تقدمًا كبيرًا في مسألة صاغها عالِم الرياضيات كارل فريدريش جاوس في القرن التاسع عشر. وُلد فنكاتيش في نيودلهي، وترعرع في أستراليا، وهو حاليًّا يعمل في معهد الدراسات المتقدمة في برينستون في نيو جيرسي.

ومقارنةً بالثلاثة الآخرين الحائزين على ميداليات، يعمل الفائز الرابع، أليسيو فيجالي، البالغ من العمر 34 عامًا، في نطاق أقرب إلى العالم الحقيقي: وهو النقل المثالي، حيث يسعى إلى إيجاد أكثر الطرق فعالية لتوزيع السلع على الشبكة. يطبق فيجالي، وهو إيطالي الجنسية، ويعمل في المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيوريخ، هذا الأمر على المعادلات التفاضلية الجزئية، التي تحتوي على العديد من المتغيرات، وتنشأ غالبًا في الفيزياء. ■



تحركات اللاجئين والمقاتلين في كيفو الشمالية تصعِّب استجابة العاملين في مجال الإغاثة لمواجهة تفشّي الإيبولا.

DAI KUROKAWA/EPA/SHUTTERSTOCK

الصحة العامة

منطقة حرب تُصَعِّب نشر لقاح الإيبولا

يأتي آخر تَفشٍ لمرض الإيبولا في خِضَمّ المعارك الدائرة في جمهورية الكونغو الديمقراطيّة.

إيمي ماكسمِن

بدأ العاملون في مجال الإغاثة في جمهورية الكونغو الديمقراطيّة في إعطاء لقاح تجريبيّ ضد مرض الإيبولا للعاملين بالرعاية الصحيّة، وذلك في الثامن من أغسطس من هذا العام، أي بعد أسبوع واحد من إعلان منظمة الصحة العالمية حدوث تفشٍ للفيروس. يتدافع المستجيبون الأوائل وفِرق العمل في قطاع الصحّة العامّة لاحتواء التفشي، بينما يضعون خططًا لتوزيع اللقاح على المجتمعات المحاصرة في منطقة نزاع.

ينتشر الفيروس في كيفو الشمالية وإيتوري، شرق جمهوريّة الكونغو الديمقراطيّة. ومنذ الثاني عشر من أغسطس، وحتى تاريخ نشر النسخة الأصلية من هذا المقال في السادس عشر من الشهر نفسه، كانت قد ظهرت أعراض الإيبولا على 57 شخصًا، توفي واحدٌ وأربعون منهم، إلا أن العنف الدائر بين أكثر من 100 مجموعة مسلَّحة تتقاتل على الموارد في هذه المناطق الخضراء الخصبة قد تصاعَد هذا العام، قُبيل الانتخابات الرئاسية المزمع عقدها في شهر ديسمبر القادم. وهذه هي المرة العاشرة التي يتفشى فيها وباء الإيبولا في جمهورية الكونغو الديمقراطيّة منذ عام 1976، إلا أنه الأول حدوثًا في هذه المنطقة الشرقيّة المضطربة.

"إنّ الوضع متقلّب"، كما يقول إبراهيما سوسّه فول، مدير عمليات الطوارئ بمنظمة الصحة العالميّة بأفريقيا الكائنة في برازافيل بجمهوريّة الكونغو المجاورة.

ومع ذلك، فإن الباحثين - إضافة إلى توزيع اللقاح - يُعِدّون لإعطاء المصابين بالإيبولا علاجات تجريبيّة بالأجسام المضادّة، وعقاقير مضادّة للفيروسات.

يقول سوسّه فول إنّ ألفَي جرعة - على الأقل - من اللقاح التجريبي، واسمه rVSV-ZEBOV، قد بقيت في البلاد بعد التفشي الأخير للإيبولا، الذي انتهى في شهر يوليو، وما زال هناك المزيد من الجرعات في الطريق. وتحتاج جمهورية الكونغو الديمقراطيّة الآن إلى كمية أكبر من اللقاح، لأن الاستراتيجيّة التي استُخدمت خلال التفشي السابق لن تفلح هذه المرة.

خلال التفشي السابق، الذي استمر ثلاثة أشهر، أعطى المسؤولون اللقاحات للعاملين بقطاع الرعاية الصحيّة، ومَن كانوا على اتصال مباشر بشخص مصاب بالإيبولا، ومَن كانوا على اتصال بهؤلاء الأشخاص، إلا أن الاضطرابات في كيفو الشمالية وإيتوري جعلت من الصعب تتبُّع مثل هذه العلاقات. يقول سوسّه فول إنه في البلدات التي تحوي مصابين بالعدوى، ولا يستطيع المسؤولون تتبُّع مَن هم على تواصل مع أولئك المصابين، قد يضطر العاملون بالرعاية الصحيّة إلى إعطاء اللقاح لجميع أفراد المجتمع.

يسبب العجز عن تتبُّع هذه العلاقات قلقًا لعلماء الأوبئة لأن الأشخاص دائمي التنقّل ينشرون الفيروس. وتقدِّر جماعات الأنشطة الإنسانيّة أن حوالي 750 ألف شخص في كيفو الشمالية وإيتوري قد هربوا من مقاتلي الجماعات المسلّحة خلال هذا العام. كما أن حوالي مليون لاجئ، كانوا قد هُجّروا من منازلهم بسبب أعمال العنف خلال العقد الماضي على الأقل، لا زالوا يتنقلون كثيرًا بين مدن المنطقة. ويهاجر بعض اللاجئين إلى دول مجاورة، مثل أوغندا، ورواندا، وبوروندي.

على وكالات الإغاثة الآن دراسة كيفية الدخول إلى مناطق النزاع هذه لمكافحة الإيبولا، دون تعريض أطقم العمل الخاصة بها للخطر. وفي بيانٍ صحفيّ نُشر في الثالث من أغسطس، أعلن بيتر سلامة - مدير برنامج الاستعداد للطوارئ والاستجابة لها بمنظمة الصحة العالميّة - أنه قد يتعيّن على العاملين التنقّل مع مرافقين أمنيين مسلحين توفِّرهم حكومة جمهورية الكونغو الديمقراطيّة بغرض الحماية.

لكن إحدى المنظمات الرئيسة العاملة على مكافحة الإيبولا في المنطقة - وهي منظمة أطباء بلا حدود - مترددة في انتهاج هذا النهج. فيقول صالحا إيسوفو - رئيس عملية منظمة أطباء بلا حدود بجمهورية الكونغو الديمقراطيّة - إن المنظمة تعتقد أن التنقل بمرافقين مسلحين سيعوق قدرتها على مساعدة الأفراد من مختلف الانتماءات السياسية. لذا، فإن المنظمة ستستغني عن المرافقين.

وتتركز المرحلة التالية من استجابة كلّ من منظمة الصحة العالميّة، وحكومة الكونغو الديمقراطيّة، ومجموعات الإغاثة، على استخدام العقاقير التجريبيّة لعلاج المصابين بالإيبولا. وقد وافق مجلس استعراض قوميّ يعمل على تقييم الأخلاقيات البحثيّة على استخدام هذه العلاجات. ويقول ستيف أهوكا - وهو عالِم فيروسات بالمعهد القوميّ للبحوث الطبيّة الحيوية في كينشاسا - إن بعض العلاجات قد وصل لتوّه إلى المنطقة.

وأحد هذه العلاجات هو جسم مضاد يُسمَّى mAb114، قامت بتصنيعه حكومة الولايات المتحدة. وتشمل العلاجات الأخرى العقارين المضادين للفيروسات «فافيبيرافير» Favipiravir (T-705)، الذي تُصنّعه شركة «تویاما كيميكال» اليابانية، و«ريمديسيفير» Remdisivir، الذي تنتجه شركة «جيلياد» الواقعة في فوستر سيتي بكاليفورنيا.

ويقول أهوكا: "بفضل خبرتنا مع التفشي السابق، نحن الآن مستعدون". ■

لتحرير الجيني

قانون أوروبي يعصف بالمحاصيل المحرّرة بـ«كريسبر»

حُكْم المحكمة العليا يهدد الأبحاث المجراة على النباتات المحرّرة جينيًّا. لم تبلغها البشرية من قبل.



CHRIS RATCLIFFE/BLOOMBERG/GETTY

في الاتحاد الأوروبي، ستُعامَل المحاصيل والأغذية المحررة جينيًّا مثل الكائنات المعدّلة وراثيًّا.

إوين كالاوي

إنّ المحاصيل الزراعية المحررة جينيًّا يجب أن تخضع الآن للقواعد الصارمة نفسها التي تحكم الكائنات التقليدية المعدلة وراثيًّا (وتسمى اختصارًا GM)، بحسب ما اقتضته المحكمة الأوروبية العليا، في الخامس والعشرين من يوليو الماضي.

يُعتبر القرار الذي أصدرته محكمة العدل الأوروبية (ECJ) في لوكسمبورج انتكاسة كبرى لمقترحي المحاصيل المحررة جينيًّا، ومن بينهم العديد من العلماء. فقد كانوا يأملون أن تُعفى الكائنات الحية المخلّقة باستخدام تقنيات التحرير الجيني الدقيقة، والجديدة نسبيًّا - مثل تقنية «كرسبر-كاس9» CRISPR–Cas9 - من القانون الأوروبي الساري حاليًّا، الذي حَدّ من زَرْع وبَيْع المحاصيل المعدلة وراثيًّا.

بدلًا من ذلك.. قضت محكمة العدل الأوروبية بأن تخضع المحاصيل المُنْتَجة باستخدام هذه التقنيات لأمر توجيهي، صدر في عام 2001. كان هذا القانون قد صدر بحقّ تقنيات الاستيلاد الأقدم، وهو يضع عقبات شديدة في طريق تطوير المحاصيل المعدلة وراثيًّا من أجل استعمالها كغذاء.

"إنه حكم مهم، وشديد الصرامة"، حسب قول كاي بيرنهاجن، الباحث القانوني في جامعة فاجينينجن ومركز الأبحاث في هولندا، المتخصص في القانون الأوروبي والدولي. وأضاف قائلًا: "يعني هذا الحكم بالنسبة إلى جميع الابتكارات الحديثة، كالأغذية المُعَدّة بتقنية «كريسبر-كاس9»، أنك ستتعين عليك المرور بالعملية الطويلة الخاصة بالاتحاد الأوروبي؛ للحصول على الموافقة".

ومن المرجّح أن يؤدي ذلك إلى إعاقة الاستثمار في أبحاث المحاصيل باستخدام هذه الأدوات في الاتحاد الأوروبي، وفق قول بيرنهاجن. "من الناحية العملية، لا أعتقد أن هذا سيكون محل اهتمام قطاع الأعمال. إن هذا القطاع سيتوجه إلى شيء آخر".

هذا الحُكْم "محبط جدًّا"، بحسب قول نايجل هالفورد، وهو عالم وراثة، متخصص في المحاصيل الزراعية في مؤسسة روثامستيد للأبحاث في هاربندن بالمملكة المتحدة. ويتابع قائلًا: "إنها ضربة في مقتل". وسيستمر استخدام تقنيات التحرير الجيني كأداة بحثية لتطوير المحاصيل، حسبما أضاف، لكنه يشك في أن تكون لدى الشركات في أوروبا رغبة كبيرة في تطويرها. يقول: "لن يستثمروا في تقنية يرون أن لا تطبيق تجاري لها".

وفي الوقت نفسه، أصدرت المنظمة البيئية «أصدقاء الأرض» في أمستردام بيانًا، أشادت فيه بقرار المحكمة. كما دعت إلى تنظيم جميع المنتجات المطوَّرة عن طريق التحرير الجيني، وتقييم آثارها الصحية والبيئية، ووضع علامات تعريفية عليها.

تغيرات الحمض النووي

يتعلّق الأمر التوجيهي الصادر من الاتحاد الأوروبي في عام 2001 - الذي يقف وراء قرار محكمة العدل الأوروبية - بالإطلاق المتعمّد للكائنات الحية المعدلة وراثيًّا في البيئة، وكان يستهدف الأنواع التي أُدخلت فيها جينات كاملة، أو أجزاء طويلة من الحمض النووي. ويستثني القانون الكائنات الحية التي عُدّلت جينوماتها باستخدام تقنيات «توليد الطفرات» - كالتشعيع مثلًا - التي تُدخل تغييرات على الحمض النووي للكائن الحي، دون أن تضيف مواد وراثية غريبة.

وفي عام 2016، طلبت الحكومة الفرنسية من محكمة العدل الأوروبية تفسير الأمر التوجيهي الصادر في ضوء تقنيات استيلاد النباتات التي ظهرت منذ ذلك الحين.

ويؤكد العديد من مُرَبِّي النباتات والعلماء على وجوب اعتبار تقنيات التحرير الجيني - مثل «كريسبر-كاس 9» - مولدات للطفرات، مثلها مثل التشعيع تمامًا، ويمكن بالتالي استثناؤها من الأمر التوجيهي، إذ يمكنها أن تنطوي على تغييرات في الحمض النووي، من دون إدخال جينات غريبة، لكنّ معارضي الكائنات الحية المعدلة وراثيًّا يؤكدون أن الطبيعة المتعمدة للتعديلات المحدثة عن طريق التحرير الجيني تعني أنه يتوجب إخضاعها للأمر التوجيهي.

وفي شهر يناير الماضي، أصدر ميشال بوبيك - المحامي العام في المحكمة - مذكرة رأي من 15 ألف كلمة، يرى كلا الطرفين أنها كانت جزئيًّا لصالحهما. وقال إن المحاصيل المحررة جينيًّا تحتوي في تكوينها على كائنات حية معدلة وراثيًّا، خاضعة للأمر التوجيهي الأول، لكنه قال أيضًا إن الأنواع المعدّلة باستخدام تقنيات اكتشفت منذ عام 2001 - كتلك المستخدَمة في التحرير الجيني - يمكن استثناؤها، طالما أنها لا تحتوي على حمض نووي من أنواع أخرى، أو على حمض نووي اصطناعي.

ورغم ذلك.. قررت محكمة العدل الأوروبية في حُكْمها أن تقنيات توليد الطفرات فقط التي "استُخدمت تقليديًّا في عدد من التطبيقات، وتتمتع بسجل أمان طويل، معفاة من تلك الالتزامات". والكائنات المخلّقة باستعمال تقنيات توليد الطفرات التي طُوّرت بعد عام 2001 - بما في ذلك التحرير الجيني - غير مستثناة من القرار.

لا حوافز..

"من شأن ذلك أن يعطل البحوث بعض الشيء، بالطريقة نفسها التي أدى بها تشريع الكائنات المعدلة وراثيًّا إلى تعطيل البحوث الخاصة بها لمدة 15 عامًا تستمر إلى الآن"، بحسب قول ستيفان جانسون، عالِم فسيولوجيا النبات في جامعة أوميا في السويد. لن تختفي المحاصيل المحررة جينيًّا من مختبرات الأبحاث الأوروبية، لكنه يخشى أن تنفد أموال التمويل اللازمة لتطويرها. ويضيف: "إذا لم يكن بإمكاننا إنتاج أشياء يجدها المجتمع مفيدة؛ سيتضاءل احتمال مَنْحنا تمويلًا".

ويبدي جانسون أيضًا مخاوف عملية تساوره حول الحكم. كان قد طوّر «ملفوف بتقنية كريسبر» الذي تناوله، والذي كان مزروعًا في حديقة منزله وقت تَحَدُّثه إلى دورية *Nature*. يقول: "التقطت صورة أمس، وصورة أخرى بعد صدور الحكم. لا يزال النبات هو نفسه. بالأمس، لم يكن من الكائنات المعدلة وراثيًّا، وأصبح الآن واحدًا منها. يخامرني نوع من الفضول حيال ما يجب عليَّ فعله.. هل يتعين عليَّ اقتلاعه؟"

ومن جانبه، يقول بيرنهاجن إن هذا الحكم يترك المجال مفتوحًا لثغرة محتمَلة، فإن تمكن العلماء من إثبات أن تقنيات التحرير الجيني آمنة بقَدْر أمان أساليب توليد الطفرات المستثناة بالفعل من القانون (مثل التشعيع)؛ سيكون بإمكان التقنيات الجديدة أيضًا أن تُمنح استثناءً، لكنه يشك في أن يظل عند الباحثين، وقطاعات الأعمال المعنية بتطوير محاصيل محرّرة جينيًّا، أمل في الأمر. ويقول: "لا يمكنني رؤية «كريسبر-كاس9» وكل هذه التقنيات الحديثة تقنيات مربحة في الاتحاد الأوروبي. لا أتصور ذلك. أعتقد أن هذا المجال البحثي سينتقل إلى مكان آخر". ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

NATIONAL ARCHIVES/TIME LIFE/GETTY



رجال الشرطة في مدينة سياتل بواشنطن يرتدون الأقنعة؛ لحماية أنفسهم إبان جائحة الإنفلونزا التي حدثت في عام 1918؛ وأسفرت عن مصرع ما يقرب من 50 مليون شخص.

الإنفلونزا وشبح الماضي

تُشكّل إصابة الطفل للمرة الأولى بالإنفلونزا طريقة استجابته لجميع حالات العدوى اللاحقة بها. والباحثون بصدد إدراك مدى أهمية هذه "البصمة" في الوقت الحالي.

ديكلان باتلر

عندما يصل الطفل إلى سن ثلاث سنوات تقريبًا، يكون - في المعتاد - قد تعرَّض لأول إصابة له بعدوى الإنفلونزا. وإذا كانت النوبة شديدة؛ فسوف ترتفع درجة حرارة الطفل، ويشعر بألم في عضلاته. وفي ذلك الوقت من حياته يكون الطفل صغيرًا لدرجة لا تسمح له - على الأرجح - بتذكّر المرض، لكنّ جهازه المناعي سيتذكره.

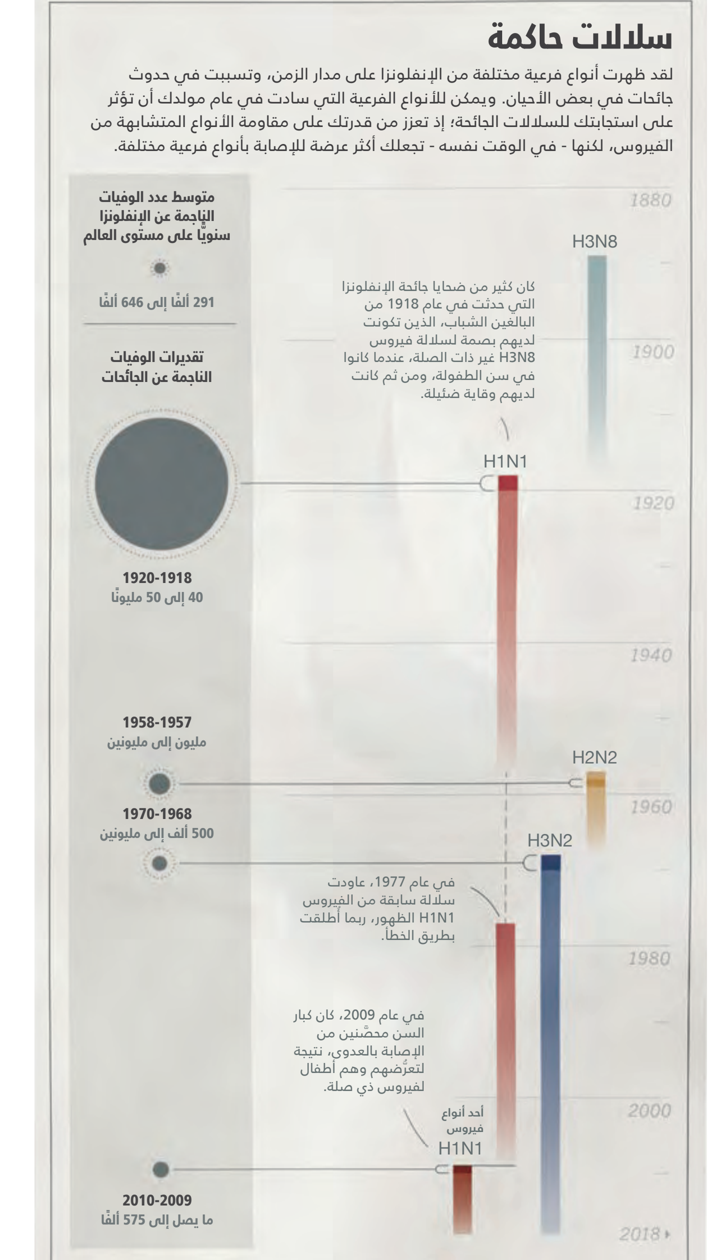
وعندما يدخل الفيروس جسد الطفل، فإن وجوده يحفّز مجموعة من الخلايا المناعية غير الناضجة، وغير المبرمجة، للبدء في التنافس على اقتفاء أثر الإنفلونزا، والقضاء عليها. وتختزن الخلايا المنتصرة في هذا التنافس - وهي الخلايا الأقوى ارتباطًا بالفيروس - ذكرى للعامل المُمرِض. ومن ثم، تكون على استعداد للتعرّف عليه، ومهاجمته في المرة التالية التي يغزو فيها الجسم.

غير أن، الإنفلونزا تتميّز بقدرتها الراسخة على تغيير شكلها، حيث يمكن لمناطق البروتينات الخارجية للفيروس أن تتحوّر في أثناء التنسخ؛ ما يتيح للفيروس تفادي كشف جهاز المناعة له. وعندما تحدث حالات العدوى بسلالات إنفلونزا جديدة في وقت لاحق من عمر الإنسان، يقوم جهاز المناعة بالاستجابة للعدوى، بناءً على تلك الإصابة الأولى، مُصدِرًا رد فعل قويًّا تجاه مناطق الفيروس التي تعرف عليها الجهاز المناعي من قبل، لكنه لا يستجيب لأيٍّ من مناطق الفيروس المتحوّرة. ولا يمكن للخلايا المناعية حينها أن تكّون خصيصًا أيّ أجسام مضادة جديدة، للمساعدة.

تُمثّل الكيفية الدقيقة التي يكوّن بها الجهاز المناعي "بصمة" للسلالات التي واجهها للمرة الأولى لغزًا محيرًا للباحثين في مجال الإنفلونزا، ومن المرجح أن يسهم حلّ هذا اللغز في محاربة الفيروس، وتحسين اللقاحات.

يظن العلماء أن فهم آلية تكوين البصمة يمكن أن يساعدهم على التنبؤ بالأشخاص الأكثر قابلية للإصابة بالسلالات الموسمية والجائحات. وتشير أدلة متزايدة إلى أن بعض الناس يستجيبون لجائحات الإنفلونزا المميتة بشكل أسوأ من غيرهم، ذلك لأن تعرُّضهم الأول للعدوى في مرحلة الطفولة كان لنوع مختلف من الفيروس. ويعتقد الباحثون أن هذا هو السبب في أن معدل وفيات البالغين الشباب كان أعلى من غيرهم من الفئات العمرية الأخرى خلال الجائحة المميتة[1] التي وقعت خلال عام 1918؛ وأسفرت عن وفاة ما يُقدَّر بخمسين مليون شخص على مستوى العالم.

قد يساعد التعرف على آلية تكوين هذه البصمة علماءَ الفيروسات في تطوير لقاحات موسمية أكثر فاعلية، يمكنها التصدي للسلالات المنتشرة لعدة سنوات، وكذلك تطوير لقاح عام للإنفلونزا، لطالما تم السعي إليه، يمكنه أن يحمي الناس مدى الحياة ضد الأنواع الفرعية من الإنفلونزا الجديدة تمامًا، والتي من المحتمل أن تتسبب في حدوث جائحات. ويبدو أن تكوين هذه البصمة يوفر قدرًا من المناعة ضد سلالات الإنفلونزا ذات الصلة بالعدوى الأولى. ويُنظَر إلى هذه المناعة واسعة



SOURCE: P. R. SANDERS-HASTINGS AND D. KREWSKI *PATHOGENS* **5**, 66 (2016).

النطاق - في كثير من الأحيان - على أنها علامة على إمكانية استمالة جهاز المناعة إلى توفير وقاية واسعة النطاق. وتقول أوبري جوردون، عالِمة الأوبئة بجامعة ميشيجان في مدينة آن أربور: "إن ذلك يمنحنا بالفعل الأمل في أن نتمكن من استثارة استجابة مناعية واقية واسعة النطاق".

ويمكن للقاحات الإنفلونزا المتاحة حاليًّا تحقيق النجاح بالتأكيد، إذا توفر لها قدر من المساعدة. فآثار هذه اللقاحات تتلاشى بعد بضعة أشهر، كما أنها لا تكون شديدة الفاعلية، حتى في هذه الفترة الوجيزة؛ فخلال موسم الإنفلونزا 2017-2018 في الولايات المتحدة، كان الأشخاص الذين تلقوا اللقاح أقل قابلية للإصابة بالإنفلونزا، مقارنة بمَن لم يتم تحصينهم بنسبة 36% فقط، وإنْ كانت عملية التحصين يمكن أن تقلل من حدة الأعراض لدى الأشخاص الذين يصابون بالمرض بالفعل.

ربما تساعد عملية تكوين البصمة على تفسير أوجه القصور هذه، لكنْ في الوقت الراهن ثمة نقص في فهم الآليات التي تقف وراء هذه العملية، حسبما تقول جينيفر ناياك، وهي عالِمة متخصصة في مناعة الأطفال بالمركز الطبي لجامعة روتشستر في نيويورك. ويقول سكوت هنسلي، وهو عالِم متخصص في المناعة الفيروسية بجامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا، إن استيعاب عملية تكوين البصمة سيكون مهمًّا للباحثين الذين يأملون في تصميم لقاح عام يناسب الأشخاص الذين لديهم ماضٍ مختلف من حالات التعرض للإنفلونزا. ويضيف هنسلي: "من المحتمل أن يثير اللقاح نفسه استجابات مناعية مختلفة عند إعطائه إلى أشخاص مختلفين، حسب تاريخهم المَرضي".

في إبريل من العام الجاري، دعا المعهد الوطني الأمريكي للحساسية والأمراض المُعدية في بيثيسدا بولاية ميريلاند الباحثين إلى طرح مشروعات، من شأنها استكشاف آثار تكوين البصمة على المناعة، وذلك في إطار جهد أشمل لتمويل البحوث الرامية إلى التوصل إلى لقاح عام للإنفلونزا. ويخطط المعهد لإنفاق 5 ملايين دولار أمريكي على دراسة جماعية كبيرة ستضم أطفالًا رضعًا، وتتابعهم منذ ولادتهم لمدة ثلاثة مواسم إنفلونزا على الأقل؛ لاستكشاف كيفية استجابة أجهزتهم المناعية على المستوى الجزيئي للتعرض لعدوى الإنفلونزا لأول مرة، وحالات العدوى والتحصينات اللاحقة منها. ويُنصَح عادةً بتطعيم الرضع الذين تزيد أعمارهم على 6 أشهر.

وهذا هو أقصى ما يمكن أن تقدمه لنا دراسة الفيروس؛ فتوفير حماية أفضل يتوقف أيضًا على دراسة الأشخاص. ويدرك الباحثون حاليًّا أن الجسم يمكنه أن يُحدِث استجابة واسعة النطاق بشكل مذهل، حتى ضد كائنات قادرة على تغيير شكلها، مثل فيروس الإنفلونزا. وتقول - في هذا الصدد - كاتيلين جوستيك، وهي عالِمة أوبئة بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجيليس: "إنّ الإنفلونزا هي أحد أكثر الفيروسات خضوعًا للدراسة على سطح هذا الكوكب. ونحن بصدد اكتشاف قارة جديدة بأكملها في عالَم كنا نعتقد أننا نملك مفاتيحه بالفعل".

أُسس الإنفلونزا

كان أول مَن اقترح مفهوم تكوين البصمة هو الراحل توماس فرانسيس، عالِم الفيروسات والأوبئة بجامعة ميشيجان، الذي كانت الدراسات التي أجراها في أربعينيات وخمسينيات القرن الماضي هي أولى الدراسات التي تُبيّن أن الأفراد يُولِّدون استجابات أجسام مضادة أقوى لأول سلالة إنفلونزا تواجههم، مقارنة بتلك التي يتعرضون لها في وقت لاحق من حياتهم[2].

منذ ذلك الحين، أصقل الباحثون هذا المفهوم. ففي دراسة شملت أكثر من 150 شخصًا، تتراوح أعمارهم بين 7 و81 سنة في جنوب الصين، قاس العلماء مستويات الأجسام المضادة في مقابل سلالات مختلفة من فيروس الإنفلونزا، مع النظر في كيفية استجابة أجهزة المناعة لدى هؤلاء الأشخاص لسلالات، كان من المحتمل مواجهتهم لها في مراحل مختلفة من حياتهم. ووجد الباحثون أنه بعد الإصابة الأولى، يكون للسلالات اللاحقة تأثير متناقِص تدريجيًّا على الاستجابة المناعية[3]، حسبما يشرح جاستن ليسلر، وهو عالِم أوبئة بكلية جونز هوبكنز بلومبرج للصحة العامة في بالتيمور بولاية ميريلاند، كان قد شارك في تأليف الدراسة. ويضيف ليسلر: "على الرغم من أن تكوين البصمة المناعية يلعب دورًا بالغ الأهمية، فإن التركيز عليها وحدها يمكن أن يؤدي بنا إلى إغفال جوانب مهمة لكيفية تطور المناعة ضد الإنفلونزا في حالات التعرض المتعددة للمرض".

في عام 2009، ظهرت نوعية جديدة من الإنفلونزا في المكسيك، نتجت عنها جائحة منحت الباحثين واحدة من أفضل الفرص حتى الآن لدراسة تكوين البصمة المناعية باستخدام أساليب حديثة في علم المناعة. وتشير سلسلة من الدراسات[4,5] إلى أن الفيروس استحث استجابة مناعية قوية، لدرجة أنه "أيقظ" لدى الأشخاص الذين أصيبوا به مناعة كبيرة كانت خامدة منذ عملية تكوين البصمة المبكرة. فتولّدت لدى العديد من الأفراد أجسام مضادة، لا تهاجم السلالة الجديدة فقط، وإنما أيضًا أفراد فصيلتها الأوسع نطاقًا.

توجد بضعة أنواع من فيروسات الإنفلونزا. والنوع الرئيس منها الذي يسبب المرض لدى البشر له عدة أنواع فرعية، تُسمَّى بأسماء البروتينات الموجودة على سطحها؛ حيث يوجد 18 شكلًا معروفًا من بروتين الراصّة الدموية (HA)، و11 شكلًا من بروتين نيورامينيديز (NA). ولكل نوع فرعي من الفيروس شكل مختلف من بروتينَي الراصة الدموية، والنيورامينيديز. ويمنح الارتباط بين هذين البروتينين كل نوع فرعي اسمه، مثل H1N1، أو H3N2. وقد وُجِد أن بعض الأنواع يصيب مجموعات حيوانية محددة فقط، لكن البعض الآخر يمكن أن يتحوّل إلى أنواع جديدة قادرة على إصابة البشر.

وفي ورقة بحثية نُشِرت في مجلة «ساينس» *Science*[6] في عام 2016، حللت جوستيك وزملاؤها جميع الحالات البشرية المعروفة لنوعين فرعيين من إنفلونزا الطيور، هما: H5N1، وH7N9. وهذان النوعان ينتشران في ستة بلدان. وقد أصاب الفيروسان فئات عمرية مختلفة، فكان فيروس H5N1 يصيب الشباب في الأغلب الأعم، في حين كانت جميع الحالات المصابة بالفيروس H7N9 تقريبًا من المسنين. وبالنظر إلى سنة ميلاد كل فرد مصاب بالإنفلونزا، وجد الباحثون أن القابلية للإصابة بالمرض قد تغيّرت على نحو مفاجئ في عام 1968؛ فالأشخاص الذين وُلِدوا قبل هذا التاريخ كانوا أكثر عرضة للإصابة بفيروس H7N9، ومَن وُلِدوا بعده كانوا أكثر عرضة للإصابة بفيروس H5N1.

لم يكن هؤلاء الأشخاص قد واجهوا أيًّا من النوعين الفرعيين من قبل، لكنْ استنادًا إلى تواريخ ميلادهم، كانوا قد واجهوا أنواعًا مختلفة ذات صلة. ويمكن تقسيم أنواع الإنفلونزا الفرعية إلى مجموعتين، وفقًا لخصائص معينة لبروتين الراصة الدموية لديهم، حيث ينتمي الفيروس H5N1 إلى المجموعة واسعة النطاق نفسها التي تنتمي إليها السلالتان H1N1، وH2N2، وهما سلالتان كانتا تنتشران بشكل موسمي قبل عام 1968.

مِن المفترض أن أي شخص وُلِد قبل هذا العام كان لديه بصمة لإحدى سلالات المجموعة الأولى، ومن ثم كان محصَّنًا من الإصابة بفيروس H5N1، لكن في عام 1968 تغيّر كل شيء؛ إذ ضربت العالم جائحة من فيروس H3N2، وأصبح هو النوع الفرعي الموسمي الوحيد. لذا، تكوّنت بصمة لدى معظم الأشخاص الذين وِلدوا بعد هذا التاريخ بسلالة H3N2، وهي من فيروسات المجموعة الثانية. كذلك ينتمي النوع H7N9 إلى المجموعة نفسها، ولذا، كان كثير من الأشخاص الذين وُلِدوا بعد عام 1968 محصَّنين ضد الإصابة به.



سلالات مجمَّدة من فيروس الإنفلونزا، مُخزَّنة في معاهد الصحة الوطنية الأمريكية.

تشير النتيجة التي توصّل إليها الباحثون إلى أن تكوين بصمة لفيروس ينتمي إلى إحدى مجموعتي الراصة الدموية قد يوفر وقاية متداخلة واسعة النطاق ضد أنواع فرعية جديدة تنتمي إلى المجموعة نفسها، وهو الأمر الذي يتعارض مع الافتراض الذي يتبناه كثير من خبراء الصحة العامة بأنّ غالبية الناس تكون لديهم وقاية ضئيلة أو منعدمة ضد الجائحات التي تَحْدُث عادةً عند ظهور أنواع فرعية جديدة من الإنفلونزا.

يقول جيمس لويد-سميث، وهو عالِم متخصص في بيئة الأمراض، ومؤلف مشارك للورقة البحثية، ويعمل أيضًا بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجيليس: "كانت قوة التأثير الوقائي ضد العدوى الشديدة بفيروسي H5N1، وH7N9 صادمة". وأوضح الباحثون، باستخدام النمذجة، أن تكوين البصمة في فترة الطفولة وفر وقاية بنسبة 75% ضد حالات المرض الشديدة، وبنسبة 80% ضد الوفاة الناجمة عن فيروسات إنفلونزا الطيور.

وقد لوحظت اختلافات في القابلية للإصابة بالمرض بين الفئات العمرية المختلفة في جائحات أخرى. ففي الجائحة التي وقعت خلال عام 1918، وكان السبب فيها نوع فرعي من H1N1، كانت الفئة الأكثر تضررًا هي من البالغين الشباب، الذين لديهم وقاية كبيرة ضد فيروس H3N8، الذي انتشر في الفترة ما بين عامي 1889، و1918 عندما كانوا أطفالًا. وينتمي الفيروس H3N8 إلى مجموعة مختلفة عن تلك التي ينتمي إليها H1N1 (انظر: «سلالات حاكمة»). ويقول باتريك ويلسون، وهو عالِم مناعة بجامعة شيكاغو في إلينوي إن السبب في الجائحة التي حدثت في عام 2009 كان نوعًا من فيروس H1N1، لكنه بالرغم من ذلك، كان هناك عدد قليل جدًّا من حالات الإصابة بين المسنين، الذين من المفترض أن تكون قد تكوّنت لديهم بصمة للنوع السابق من H1N1، الذي انتشر بعد جائحة عام 1918. وظهر كذلك أحد فيروسات H1N1 في سبعينيات القرن الماضي، وكان مشابهًا جدًّا لسلالة سابقة، يَعتقِد العلماء أنها أُطلِقت بطريق الخطأ من أحد المختبرات، أو إحدى تجارب اللقاحات[7]. ويقول هنسلي: "مِن الممتع النظرُ إلى تاريخ مولدك، والاستدلال - نوعًا ما - على بصمتك المناعية الأولى".

تتمثّل الأولوية الآن في التوصل إلى كيفية قيام الجسم البشري بتكوين بصمة للسلالات الأولى التي يصادفها. ويقول هنسلي: "نحن بحاجة إلى استخلاص الأساس المناعي لهذا الأمر".

على مدار العقد الماضي، عكف الباحثون على بناء مجموعة من التقنيات؛ لدراسة تكوين البصمة على المستوى الجزيئي. فمن السهل، على سبيل المثال، اختبار مستوى جميع الأجسام المضادة المتولدة كردّ فعل لنزلة من الإنفلونزا، لكن الوصول إلى الأسباب الرئيسة لتكوين البصمة يتطلّب قدرة على التركيز على المجموعات الفرعية من الأجسام المضادة التي توّلد مناعة واسعة النطاق.

وعلى سبيل المثال، أصبح الباحثون الآن قادرين على فرز مئات الآلاف من الخلايا المفردة، وتحليلها. ويمكنهم استخدام تسلسل الخلايا المفردة؛ لتوصيف العوامل الفاعلة الرئيسة في جهاز المناعة، قبل استجابة الخلايا للعدوى الأولى التي تتعرض لها، وبعدها. هذا، ويسعى العلماء لمعرفة كيف تصمِّم هذه الخلايا استجابة طويلة الأمد للإنفلونزا في المستقبل.

يقول بادي كريتش، وهو مدير برنامج فاندربيلت لبحوث اللقاحات بالمركز الطبي لجامعة فاندربيلت في ناشفيل في ولاية تينيسي: "تتوفر لدينا الآن أدوات أكثر دقة بكثير؛ ما يتيح لنا إلقاء نظرة دقيقة للغاية على ما يحدث عند التعرض الأول، والتعرض المتكرر، للإنفلونزا ولقاح الإنفلونزا". يشارك كريتش في إدارة مبادرة اللقاح العام للإنفلونزا، وهو مشروع تشارك فيه عدة جامعات، انطلق في أكتوبر الماضي؛ لدراسة الاستجابة المناعية للإنفلونزا، وكيف يمكن استثارة مناعة واسعة النطاق. وتقول ناياك إنه بمجرد أن نفهم هذه الآليات بشكل أفضل، ربما يكون من الممكن تلخيصها؛ للمساعدة في جعل اللقاحات أكثر فاعلية على نطاق واسع.

قوة الأشخاص

فيما يخص الباحثين الراغبين في تطبيق هذه الأدوات، تتدخل جهات تمويل معينة - مثل معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، ومؤسسة بيل وميليندا جيتس - لتقديم المساعدة.

وقد أعلنت مؤسسة جيتس عن شريحة تمويل بقيمة 12 مليون دولار أمريكي في إبريل، تعتزم المؤسسة تخصيصها لمشروعات تجريبية تهدف إلى تطوير لقاحات عامة للإنفلونزا. وتذكر الدعوة لتقديم طلبات التمويل تكوين البصمة وسمات أخرى للاستجابة المناعية للمضيف، وسوف تُمنَح الأولوية للمشروعات عالية المخاطر.

وفي الشهر نفسه، أصدر المعهد الوطني الأمريكي للحساسية والأمراض المُعدية دعوة إلى تقديم مقترحات بميزانية تبلغ 5 ملايين دولار، لمتابعة أعداد كبيرة من الأطفال على مدار فترة لا تقل عن ثلاثة مواسم للإنفلونزا، وربما لسنوات بعد ذلك. ويتلخص الهدف الجوهري للدراسة - وفقًا لما ذكره المعهد - في توفير المعلومات التي من شأنها مساعدة الباحثين على تصميم لقاحات عامة طويلة الأمد.

وتقول ناياك إنه حتى الآن لا تزال البحوث المتعلقة بالتعرض للمرض في مرحلة الطفولة محدودة، وبالتالي فإن الدعوة التي أصدرها المعهد من الأخبار السارة. ومعظم دراسات الإنفلونزا لدى الأطفال كانت صغيرة النطاق، ولم تصف تاريخ التعرض للمرض الخاص بكل فرد بشكل دقيق بما فيه الكفاية. وتضيف ناياك: "إنّ ذلك يجعل من المستحيل حتى تناوُل ما إذا كان تكوين البصمة يحدث، أم لا، ناهيك عن تحديد الآلية المسؤولة عنه".

تَمثَّل جزء من المشكلة في تتبع جهاز المناعة لدى الرضع، وهو الأمر الذي يتطلب سحب عينات متكررة من الدم. فمنذ فترة لا تزيد على 5 سنوات، كانت التحاليل تتطلب سَحْب كمية تتراوح بين 10 و20 ملِّيلترًا من الدم، ما يجعل الرصد المناعي للأطفال الرضع أمرًا غير عملي (يحتوي جسم الطفل حديث الولادة، الذي يبلغ وزنه ثلاثة كيلوجرامات، على 240 ملِّيلترًا فقط من الدم). هذا، لكن التطورات التكنولوجية تغلبت على هذه العقبة، حيث يقول هنسلي، الذي قدَّم طلبًا لإجراء دراسة لجماعات من الولايات المتحدة، وهونج كونج: "عن طريق هذه التحاليل للخلايا المفردة، يمكن إجراء فحوص مناعية قوية باستخدام كمية تتراوح بين ملّيلتر واحد، وملّيلترين من الدم فقط".

سوف تُمكِّن هذه التقنيات الباحثين من فهرسة حالات التعرض للمرض، والتطعيمات الخاصة بالرضع - على وجه الدقة - على مدار الوقت، ورسم صورة مفصلة لكيفية اختلاف المناعة عند تحفيز العدوى الطبيعية لها، مقارنة بالتطعيم.

تهدف الدعوة التي أصدرها المعهد الوطني الأمريكي للحساسية والأمراض المُعدية إلى استكمال الدراسات الجماعية الأخرى للإنفلونزا في جميع أنحاء العالم. ويدعم المعهد بالفعل بحوث الإنفلونزا التي تُجرَى على جماعات في نيكاراجوا، وهونج كونج، ونيوزيلندا، لكنْ لا يركز أيٌ مِن هذه البحوث على تكوين البصمة في مرحلة الطفولة. وتدير جوردون الجماعة الخاصة بنيكاراجوا، التي تدرس حاليًّا حدوث الإصابة بالإنفلونزا لدى الأطفال، ومدى حِدّتها. وتُعَد هذه الجماعة هي الجماعة الوحيدة الكبيرة التي صُمِّمت لقيد الأطفال ومتابعتهم منذ ولادتهم، وبالتالي فهي في وضع يؤهلها لدراسة تكوين البصمة. وقد قدمت جوردون طلبًا للحصول على تمويل من المعهد الوطني الأمريكي للحساسية والأمراض المُعدية، في إطار مجموعة من الدراسات الجماعية؛ لتمكين فريقها من ضمّ الخبرات المتخصصة اللازمة في مجال المناعة.

تُجري ناياك بالفعل حاليًّا دراسة تجريبية صغيرة لعملية تكوين البصمة، وقد سُجِّل فيها حتى الآن 129 طفلًا منذ بدايتها في أواخر عام 2016. وقدمت الباحثة كذلك عرضًا إلى المعهد الوطني الأمريكي للحساسية والأمراض المُعدية، ضمّ جامعتي روتشستر، ومينيسوتا، وتقع الجماعات الخاضعة للدراسة في الولايات المتحدة، وأستراليا. ويساعد تعدُّد المواقع الخاضعة للدراسة على اتقاء مخاطر هجوع الإنفلونزا لبضعة المواسم، أو هيمنة نوع واحد فقط من الإنفلونزا في البعض الآخر.

وفيما يخص العلماء الذين يرغبون في ملاحقة حلم اللقاح العام للإنفلونزا، الذي يبدو بعيد المنال، تُعَد الدراسات الجماعية عنصرًا واحدًا من عناصر استراتيجية متعددة الجوانب. وسوف يحتاجون كذلك إلى إجراء بحوث على الجوانب البيولوجية الأساسية للفيروسات، والعثور على مكونات جديدة للقاحات، حسبما يقول كريتش، الذي يضيف قائلًا: "يجب علينا العمل على حل المشكلة من كلا الجانبين". ■

ديكلان باتلر أحد كبار مراسلي دورية *Nature*.

1. Gagnon, A., Acosta, J. E., Madrenas, J. & Miller, M. S. *PLoS Pathog.* **11**, e1004615 (2015).
2. Francis, T. Jr *Proc. Am. Philos. Soc.* **104**, 572–578 (1960).
3. Lessler, J. *et al. PLoS Pathog.* **8**, e1002802 (2012).
4. Wrammert, J. *et al. J. Exp. Med.* **208**, 181–193 (2011).
5. Guthmiller, J. J. & Wilson, P. C. *Curr. Opin. Immunol.* **53**, 187–195 (2018).
6. Gostic, K. M., Ambrose, M., Worobey, M. & Lloyd-Smith, J. O. *Science* **354**, 722–726 (2016).
7. Rozo, M. & Gronvall, G. K. *mBio* **6**, e01013-15 (2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



دليل المبتدئين لعملية تكوين الأجنة

العلماء يَشْرَعون في إزالة الغموض عن المراحل المبكرة من النمو البشري، مقتربين جدًّا من الخط الأحمر الأخلاقي.

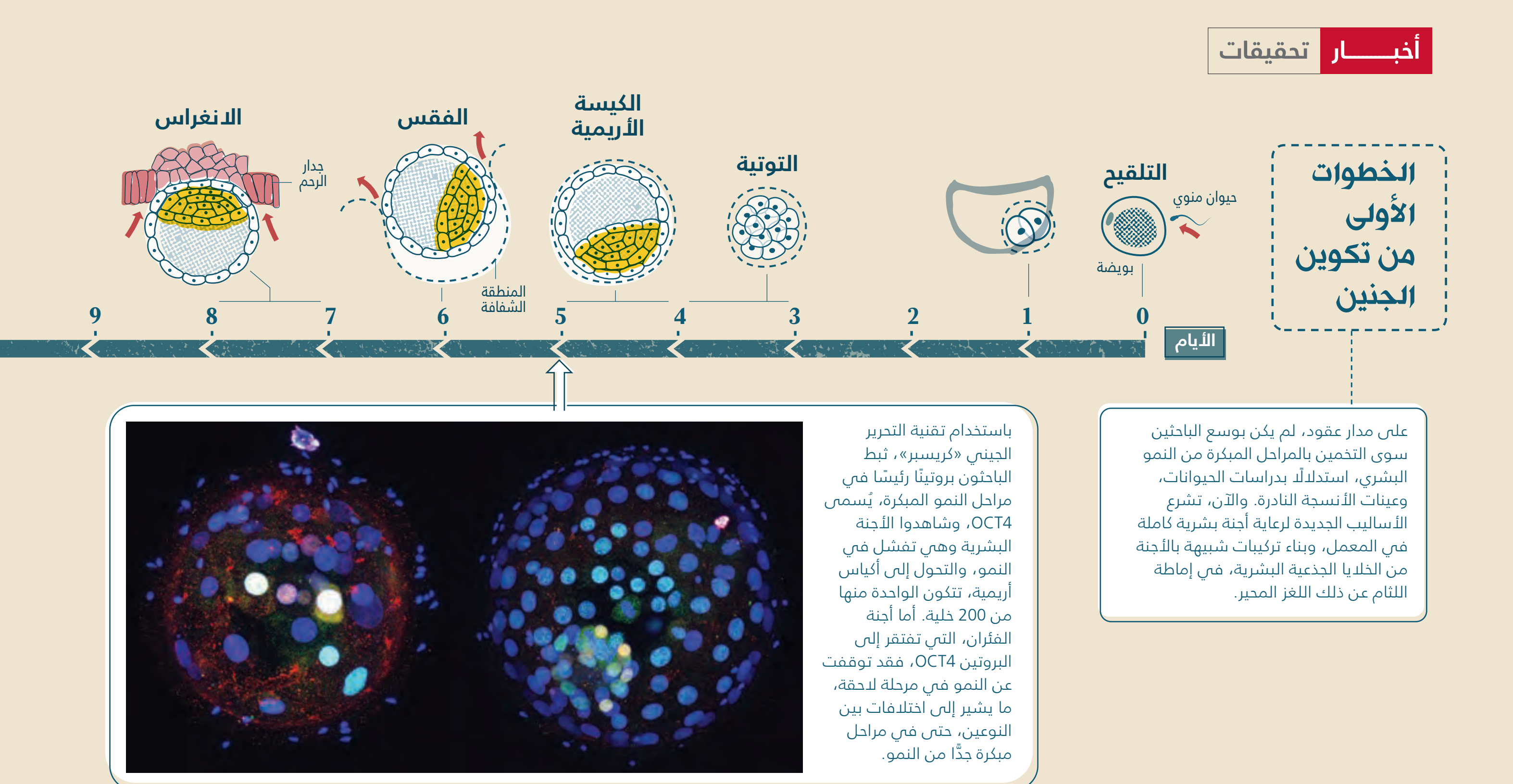
هيلين شين

قَضَت عالمة الأحياء النمائية ماجدالينا زيرنيكا جوتز أسبوعين عصيبين في منتصف عام 2013 في سعيها لتحقيق رقم قياسي عالمي. كانت زيرنيكا جوتز وزملاؤها في جامعة كامبريدج بالمملكة المتحدة يحاولون إنماء أجنة بشرية في المختبر، لفترة زمنية تتخطى أي فترة تحققت من قبل. وأرادوا بذلك الوصول إلى فهم كيفية تحوّل كتلة صغيرة من الخلايا ذاتيًّا إلى بِنْية مركّبة متعددة الأجزاء. كانت الجهود السابقة قد تعثرت، وتوقفت بعد مرور حوالي أسبوع، لكن زيرنيكا جوتز كانت تدرك أن هناك المزيد مما يمكن معرفته بشأن النمو البشري فيما بعد تلك المرحلة.

بدأ الباحثون عملهم بأجنة تبرعت بها نساء لم تعدن بحاجة إليها لعمليات التلقيح الصناعي (IVF). غمر الفريق الخلايا في وسط خاص، ووضعوها في حاضنة، باستخدام أساليب مقتبَسة من أعمالهم السابقة التي كانوا قد أجروها على أجنة الفئران. ونظرًا إلى أنه تحتم إبقاء العينات في بيئة مُحْكَمة تمامًا، لم يتمكن العلماء من إزالتها سوى مرة أو مرتين في اليوم الواحد؛ لتتبع تقدُّمها تحت المجهر.

ومرت الأيام تباعًا.. ستة، سبعة، ثمانية؛ وإذ بالأجنة مستمرة في النمو والتطور[1]. تقول زيرنيكا جوتز: "كنا نحبس

ILLUSTRATION: TOBY LEIGH



على مدار عقود، لم يكن بوسع الباحثين سوى التخمين بالمراحل المبكرة من النمو البشري، استدلالًا بدراسات الحيوانات، وعينات الأنسجة النادرة. والآن، تشرع الأساليب الجديدة لرعاية أجنة بشرية كاملة في المعمل، وبناء تركيبات شبيهة بالأجنة من الخلايا الجذعية البشرية، في إماطة اللثام عن ذلك اللغز المحير.

باستخدام تقنية التحرير الجيني «كريسبر»، ثبط الباحثون بروتينًا رئيسًا في مراحل النمو المبكرة، يُسمى OCT4، وشاهدوا الأجنة البشرية وهي تفشل في النمو، والتحول إلى أكياس أريمية، تتكون الواحدة منها من 200 خلية. أما أجنة الفئران، التي تفتقر إلى البروتين OCT4، فقد توقفت عن النمو في مرحلة لاحقة، ما يشير إلى اختلافات بين النوعين، حتى في مراحل مبكرة جدًا من النمو.

أنفاسنا. فكل يوم كان أكثر إثارة من اليوم الذي يسبقه". ووصل الفريق إلى اليوم الـ12 في تجربته الأولى، التي امتدت بعد ذلك إلى 13 يومًا. وتضيف قائلة: "كان الأمر لا يُصدَّق فعلًا. كنت سعيدة للغاية".

كان التقدم الذي حققه الفريق، إلى جانب عمل فذ مماثل، نفّذه فريق آخر في مدينة نيويورك سيتي[2]، واحدًا من الإنجازات القليلة التي أسهمت في تنشيط دراسة المراحل المبكرة من النمو البشري خلال السنوات الخمس الماضية. فلطالما كانت إمكانية وصول الباحثين إلى الجنين البشري محدودة، وكانت معرفتهم بالتحولات المبكرة التي يتعرض لها الجنين ضئيلة نسبيًّا. والآن، تُمَكِّن التحسينات التي أُدخلت على أساليب زراعة الخلايا الباحثين من زراعة الأجنة البشرية خارج الجسم لمدة تصل إلى أسبوعين. ويَستخدِم العلماء في الوقت الراهن تقنيات التحرير الجيني، مثل تقنية «كريسبر» CRISPR، كما يُنْشِئون هياكل اصطناعية شبيهة بالأجنة، لاستكشاف الإشارات الخلوية والتأثيرات الفيزيائية التي تسهم في تكوين الجنين، ومجموعة الأنسجة الداعمة له.

تسهم هذه التقنيات في تسليط الضوء على عمليات رئيسة في المراحل الأولى، مثل عملية الانغراس، حيث يغرس الجنين متناهي الصغر نفسه في جدار الرحم، إذ لا يمكن حينها دراسته بشكل مباشر. وتكشف الصور الرقمية الجديدة عالية الوضوح بتفصيل متناهي الدقة كيف تنمو العضلات والأعصاب بعد مرور بضعة أسابيع من بدء النمو. ويمكن لتلك الاكتشافات أن تقود إلى فهم أفضل لكيفية نشوء العيوب الخلقية واضطرابات النمو، وكذلك السبب وراء عدم اكتمال بعض حالات الحمل.

ورغم ذلك، فإلى جانب الآفاق الواعدة التي تبشر بها هذه التقنيات الجديدة، فإنها تدفع الباحثين نحو ساحات أخلاقية مجهولة. وبدءًا من أواخر سبعينيات القرن الماضي، أجمع العلماء وخبراء عِلم الأخلاقيات على "قاعدة الـ14 يومًا"، التي تُقْصِر مدة العمل على الأجنة البشرية على فترة أسبوعين بعد التلقيح، وهي الفترة التي تظهر فيها أولى العلامات على تَكَوُّن الجهاز العصبي، كما أنها تمثل النقطة الأخيرة التي يمكن عندها للجنين أن ينقسم. وحتى الآن، تُعَد "قاعدة الـ14 يومًا" المتعارف عليها دوليًّا حدّ زمني افتراضي بحت. وتقول عالمة الأخلاقيات الحيوية جوزفِين جونستون، من مركز هاستينجز في جاريسون بنيويورك: "لم يكن أحد ليعارض هذه القاعدة من قبل، لكنّ الأمر صار الآن ممكنًا من الناحية التقنية".

دليل التعليمات

يتشابه العديد من عمليات النمو في المراحل المبكرة بشكل مذهل عبر المملكة الحيوانية، حيث يحدث كل نوع بعض التغييرات البسيطة في الجينات هنا، أو الإشارات هناك. ومن بين أنواع الثدييات، كانت الفئران هي أكثر حيوان درس العلماء دليل التعليمات الجزيئي الخاص به، إذ قاموا بتعطيل الجينات واحدًا تلو الآخر؛ لاختبار وظائفها. فمن السهل الحصول على الفئران بالأعداد المطلوبة عادةً لإجراء التجارب، وتُعتبر بديلًا مناسبًا لدراسة نمو الأجنة البشرية، إذ يبدو العديد من أنواع الخلايا الأولية ومكوناتها متشابهًا في كلا النوعين، ولكنْ بدأ الباحثون الآن في التشكيك في مدى التشابه هذا. تقول عالمة الأحياء النمائية جانيت روسانت من مستشفى الأطفال المرضى في تورونتو بكندا: "حيث إننا استطعنا استكشاف النمو البشري المبكر إلى حد ما، أصبح واضحًا أن جنين الفأر والجنين البشري متشابهان، لكنهما ليسا متطابقَين".

وفي ظل محدودية الكمية المتوفرة من الأنسجة البشرية، اتجه العلماء إلى تقنيات التحرير الجيني عالية الكفاءة، مثل «كريسبر–كاس9» CRISPR-Cas9، لاستكشاف المراحل المبكرة من نمو الجنين. وجزئيًّا، بسبب الحساسيات الأخلاقية المتعلقة بالتعديل الوراثي للأجنة، لم يتلقّ الإذْن بإجراء مثل تلك الدراسات حتى الآن سوى بضع مجموعات بحثية فقط.

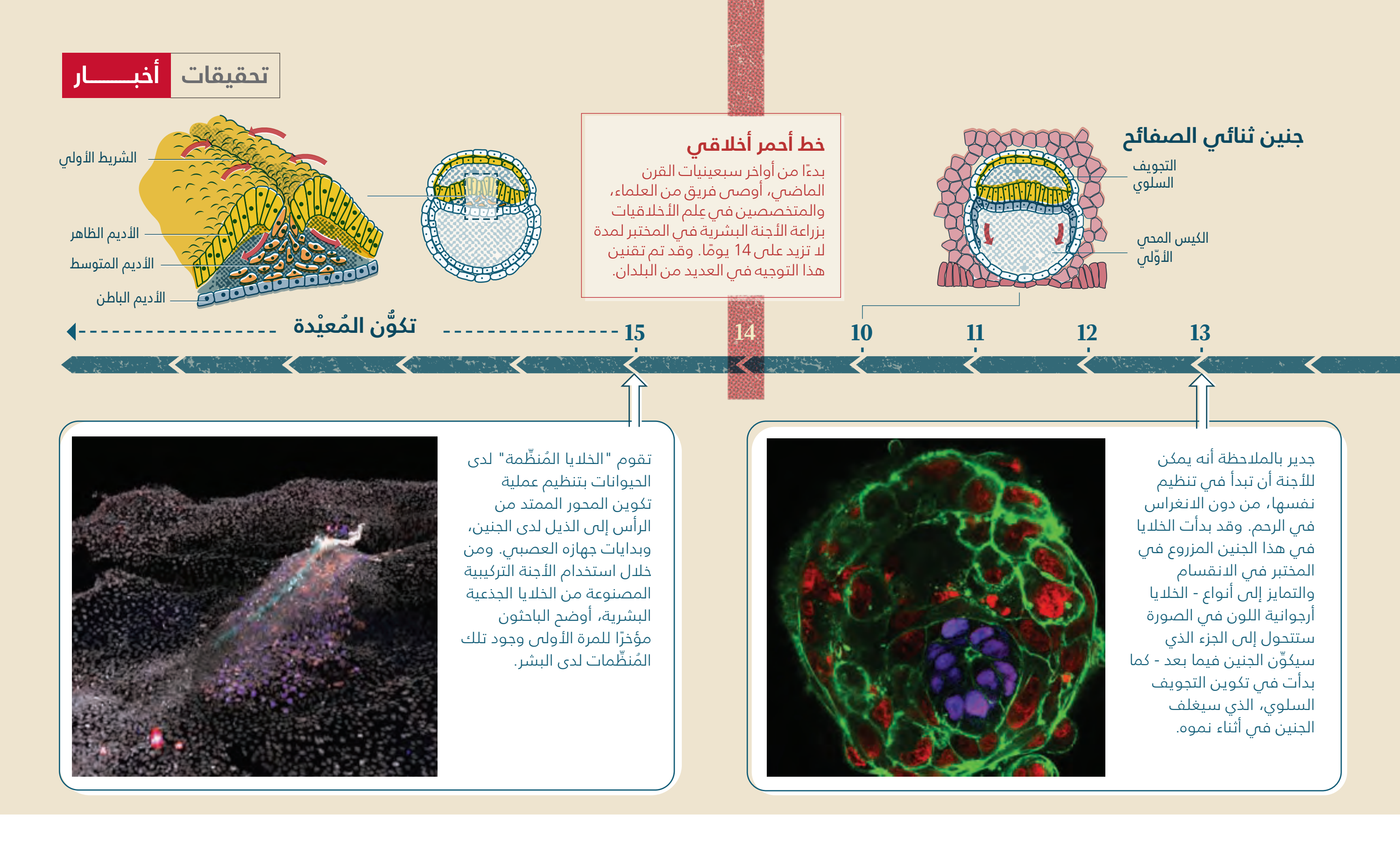
في معهد فرانسيس كريك في لندن، قادت عالمة الأحياء النمائية كاثي نياكان أول مشروع من نوعه يحصل على موافقة من الجهات التنظيمية على المستوى الوطني. وفي عام 2017، أفادت باستخدام فريقها تقنية «كريسبر–كاس9»؛ لتعديل جين مُعبَّر عنه في الخلايا الجذعية الجنينية لدى كل من الإنسان والفأر[3]. وكانت الأجنة البشرية التي تعاني من بعض الاختلالات في ذلك الجين تفتقر إلى بروتين يسمَّى OCT4، ولم تتمكن من النمو لتتحوّل إلى أكياس أريمية، وهي عبارة عن كُرَات، تتكون الواحدة منها من حوالي 200 خلية. أما أجنة الفئران التي تفتقر إلى الجين نفسه، فقد كوّنت أكياسًا أريمية، ولم تتوقف عن النمو سوى في وقت لاحق.

يعزز الاختلاف المذكور أعلاه الفكرة الآخذة في الانتشار بأنه حتى في مراحل النمو المبكرة جدًّا قد يكون بعض التفاصيل الوراثية – مثل متى تنشط بعض الجينات – قاصرًا على البشر بصفة خاصة. تقول نياكان: "نعلم أن غالبية أجنة التلقيح الصناعي لن تتمكن من النمو إلى مرحلة الكيسة الأريمية"، وأسباب ذلك غير واضحة. وتضيف نياكان قائلة: "إنّ فهمنا أي من المسارات قد يكون المسؤول عن تحديد الأنواع الأولى من خلايا الجنين، يمكن أن يؤدي إلى تحسينات في عمليات التلقيح الصناعي". وتأمل نياكان أن تتمكن في أبحاثها المستقبلية من دراسة الجينات البشرية التي تَعْهَد إلى جزء صغير من خلايا الأكياس الأريمية بتكوين الكتلة الخلوية الداخلية التي ستكوِّن الجنين فيما بعد (embryo proper)، مقارنة بالأنسجة الداعمة، مثل المشيمة.

البحث عن موطن

بعد أن تتحول الكيسة الأريمية الصغيرة إلى كرة من 200 خلية، عليها حينئذ أن تنغرس في جدار الرحم؛ لكي تتمكن من البقاء، لكن فور حدوث ذلك (في اليوم السابع تقريبًا)، يصبح العلماء إلى حد كبير غير قادرين على دراسة نموها. إن ملاحظة عملية الانغراس نفسها هي التحدي الأول، فحتى وقت قريب لم يكن لدى الباحثين أساليب موثوقة للحفاظ على استمرار نمو الجنين إلى ما بعد الأسبوع الأول.

أما الآن، فقد تمكَّن العلماء من فتح ذلك الصندوق الأسود. ففي بحثين نُشرا في شهر مايو من عام 2016، أعلن فريق زيرنيكا جوتز[1]، ومجموعة علي بريفانلو[2] بجامعة روكفلر في مدينة نيويورك عن أول نظم زراعة يمكنها إنماء الأجنة البشرية حتى 12 أو 13 يومًا. وأظهر الباحثون أنه باستخدام المزيج المناسب من عوامل النمو والتغذية، يكون بمقدور الأجنة



جدير بالملاحظة أنه يمكن للأجنة أن تبدأ في تنظيم نفسها، من دون الانغراس في الرحم. وقد بدأت الخلايا في هذا الجنين المزروع في المختبر في الانقسام والتمايز إلى أنواع - الخلايا أرجوانية اللون في الصورة ستتحول إلى الجزء الذي سيكوِّن الجنين فيما بعد - كما بدأت في تكوين التجويف السلوي، الذي سيغلف الجنين في أثناء نموه.

تقوم "الخلايا المُنظِّمة" لدى الحيوانات بتنظيم عملية تكوين المحور الممتد من الرأس إلى الذيل لدى الجنين، وبدايات جهازه العصبي. ومن خلال استخدام الأجنة التركيبية المصنوعة من الخلايا الجذعية البشرية، أوضح الباحثون مؤخرًا للمرة الأولى وجود تلك المُنظِّمات لدى البشر.

NIK SPENCER/NATURE; IMAGES:LEFT TO RIGHT: NORAH FOGARTY AND KATHY NIAKAN; MAGDALENA ZERNICKA-GOETZ GROUP; I. MARTYN ET AL./NATURE

البشرية المزروعة في المختبر أن "تتغرس" في قاع الطبق. وجدير بالملاحظة أن الأجنة لم تحتَجْ إلى أيّ أنسجة من الأم، لتحفيز خطوات إعادة النمذجة المبكرة التي تحدث بعد عملية الانغراس. يتذكر بريفانلو تلك اللحظات قائلًا: "كان ذلك صادمًا بالنسبة لي. كنتُ أعتقد أنه من المستحيل للجنين البشري أن يتجاوز ولو حتى يومًا واحدًا أو يومين بعد الالتصاق".

وتكون الأجنة التي تلتصق بالطبق مسطحة أكثر من الأجنة الحقيقية. (يُشبِّه بريفانلو عملية الالتصاق بالهبوط بالمظلات)، لكنّ تقنية الأجنة المزروعة مع ذلك راحت تحقق العديد من الإنجازات المتوقعة من التجارب التي تُجرى على الحيوانات، ومن الدراسات المحدودة لعينات من الأنسجة البشرية تُجمَع بعد حالات الإجهاض، ومن مصادر أخرى. وفي أحدث التجارب، بعد أن التصق الجنين بالطبق، بدأت طبقة خارجية من الخلايا في التمايز إلى أنواع أولية من خلايا المشيمة وغيرها من الخلايا الأخرى التي تدعم نمو الجنين. وفي الداخل، بدا أن الخلايا تتطور إلى أسلاف الكتلة الخلوية الداخلية التي ستكوّن الجنين فيما بعد، والكيس المُحي، وهو بمثابة بِنْية أولية لإمداد الجنين بالدم. وبعد مرور أسبوعين تقريبًا، أنهى كلا الفريقين التجارب، خضوعًا لقاعدة الـ14 يومًا.

وبحلول ذلك الوقت، كان قد توقف بعض الأجنة عن النمو، لكن بمزيد من التحسينات - حسب قول الباحثين - يمكن لنظم الزراعة هذه أن تساعد في الكشف عن قدر أكبر بكثير من التفاصيل بشأن الأسبوعين الأولين من عمر الجنين.

تقع أحداث رئيسة عديدة في الأسبوع الثالث، خلال عملية يُطلق عليها اسم "تَكَوُّن المُعَيْدة". يبدأ الجنين في تكوين محور للجسم، بحيث يصبح أحد أطرافه الرأس بلا شك. كما تبدأ الخلايا في الانتقال والتمايز إلى الطبقات الثلاث التي سوف تتولى في نهاية المطاف تكوين جميع أعضاء الجسم وأنسجته (انظر: «الخطوات الأولى»). إن مدى أهمية هذه العملية كان سببًا رئيسًا في فرض حد أخلاقي، هو 14 يومًا.

يعكف بعض الباحثين حاليًّا على إيجاد أساليب بديلة باستخدام تقنيات الخلايا الجذعية البشرية في بناء هياكل اصطناعية تشبه الأجنة، ولا تخضع لقاعدة الـ14 يومًا، إلا أن هذه التركيبات تفتقر إلى بعض المكونات الأساسية للنمو الكامل، ولا يمكن أن ينشأ عنها كائن بشري، إذا زُرعت. وفي عام 2014، أعلن بريفانلو وإريك سيجيا وزملاؤهما في جامعة روكفلر عن محاكاة عملية تَكَوُّن المُعَيْدة في المختبر باستخدام خلايا جذعية جنينية بشرية مزروعة خصيصًا[4]. ووجد الباحثون أنه عندما يتم تحديد نطاق الخلايا الجذعية لتنمو في دوائر يبلغ قطرها بضع مئات من الميكرومترات، فإنها تنقسم وتتمايز إلى نمط من الدوائر متحدة المركز يحتوي على أنواع الخلايا الثلاث الرئيسة التي تؤدي مستقبلًا إلى نشأة جميع أجزاء الجسم. وفي جميع الحيوانات تقريبًا،

> «ها هو نظام يمكّننا بالفعل من تحليل العلاقات بين مسارات التأشير، ومصائر الخلايا».

بدءًا من الديدان العريضة، وحتى الرئيسيات، لوحظ أن أنواع الخلايا تلك تقوم بدور متشابه: تكوّن الخلايا الموجودة في المنتصف الجلد، والدماغ، والجهاز العصبي، بينما الخلايا في الحلقة التالية تكوِّن العضلات، والدم، والعظام، والعديد من الأعضاء المختلفة، وأخيرًا تكوِّن خلايا الحلقة الخارجية (القناة الهضمية، والجهاز التنفسي).

والحلقات المسطحة لا تشبه الشكل ثلاثي الأبعاد المكوَّن من ثلاث طبقات كالشطيرة، الذي يتكون في الأجنة البشرية الحقيقية، لكن على المستوى الخلوي والجزيئي، حقق التركيب ما توقعه الباحثون تمامًا. يقول إيريه وورمفلاش، الذي كان في السابق زميل ما بعد الدكتوراة لدى مختبر سيجيا: "ها هو نظام يمكّننا بالفعل من تحليل العلاقات بين مسارات التأشير، ومصائر الخلايا".

وكشفت دراسات المتابعة التي أُجريت على النظام بالفعل عن تفاصيل جديدة حول كيفية استخدام الخلايا الجنينية لمبادئ هندسية وكيميائية؛ لتنظيم نفسها في أنواع متمايزة من الأنسجة. وفي عام 2016، أوضح بريفانلو، وسيجيا، وفريقاهما[5] أن الخلايا الجذعية يمكنها استشعار موقعها في المستعمرات الدائرية، وبالتبعية يمكنها تعديل طريقة استجابتها للجزيئات التي يُطلق عليها عوامل النمو، ما يساعد على تكوين مناطق منفصلة من الخلايا. وفي بحثٍ وُضعت نسخة ما قبل النشر منه على خادم موقع bioRxiv في عام 2017، أظهرت مجموعة وورمفلاش، بجامعة رايس في هيوستن بولاية تكساس، أن ديناميكيات عوامل النمو لها دور أيضًا، إذ رأى الباحثون أن هناك طفرة في التأشير من جهة مجموعة معينة من البروتينات - تُسمَّى مجتمعةً «المسار العُقدي» - تنتشر من محيط المستعمرة إلى الداخل مثل الموجة، مخلِّفةً في أعقابها أنواعًا مختلفة من الخلايا[6].

وقد أدخل فريق بريفانلو مزيدًا من التحسينات على النظام، حيث أظهر في مايو الماضي[7] أن علاج أنواع المستعمرات تلك بمزيج من عوامل النمو يحفز عملية تكوين الخلايا "المُنظِّمة". توجه هذه الخلايا الخاصة في الحيوانات جيرانها إلى تشكيل المحور الممتد من الرأس إلى الذيل، لكن – جزئيًّا بسبب قاعدة الـ14 يومًا - لم يكن العلماء قد رأوا من قبل الخلايا البشرية المُنظِّمة في أثناء عملها. ونظرًا إلى القيود الأخلاقية والتقنية للعمل مع الأجنة البشرية، زرع بريفانلو بدلًا من ذلك مجموعات من الخلايا البشرية المُنظِّمة الافتراضية في أجنة دجاج، لا زالت في طور النمو، وراقب الخلايا المزروعة وهي توجه خلايا الدجاج نحو النمو والتطور إلى أن تصبح جهازًا عصبيًّا ثانيًّا للدجاجة.

دعم الحياة

صبت بحوث كثيرة حول المراحل المبكرة من النمو البشري تركيزها على الجنين نفسه، لكن ثمة أنسجة أخرى عديدة لها أهمية بالغة لبقائه. وتشمل تلك الأنسجة الكيس

السلوي الذي يحتوي الجنين، والمشيمة التي توفر الأكسجين والمواد الغذائية.

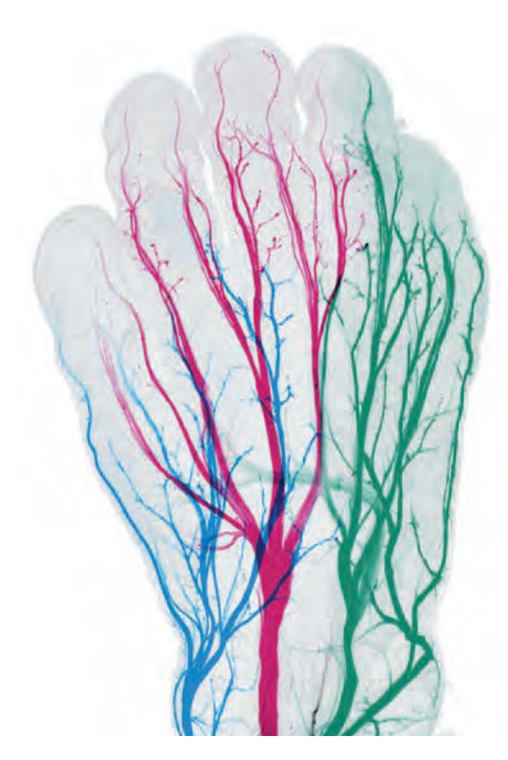
ومن أجل دراسة كيفية تطور الكيس السلوي على نحو أفضل، أنشأ الباحثون نموذجًا باستخدام خلايا جذعية بشرية. وفي العام الماضي[8]، أوضحت عالمة الأحياء النمائية ديبورا جوموسيو، والمهندس البيولوجي جيانبينج فو، بجامعة ميشيجان في آن أربور، وزملاؤهما أنهم عندما زرعوا الخلايا الجذعية البشرية على طبقة من الهلام، وأحاطوها بجزيئات السقالة الطبيعية، نظمت الخلايا نفسها ذاتيًّا، مكوِّنة كتلة تمثل الكيس السلوي. وبعد حوالي 24 ساعة، حدثت فتحة، ومن ثم بدأت الخلايا تسطح من ناحية، وتتمدد من الناحية الأخرى، وهو ما يميز العملية المؤدية إلى تكوُّن المُعَيْدة.

يستنسخ النموذج أساس الجنين والكيس الخاص به فقط، من دون أيٍّ مِن الأنسجة الداعمة الأخرى التي قد يحتاجها ليصبح قادرًا على البقاء. ورغم ذلك، تمكَّن الباحثون من تحديد بعض الإشارات الجزيئية التي يمكنها أن تساعد في تكوين هذا الهيكل اللامتناظر. تقول جوموسيو: "ثمة قدر كبير من المعرفة القيمة التي يمكن التوصل إليها، وليس هناك سبب يدعونا إلى إغفال هذه المعرفة بأي شكل من الأشكال، في سبيل الدنو من إنتاج أجنة". وقد حافظ العلماء على مستزرعاتهم الشبيهة بالأجنة لمدة تصل إلى خمسة أيام، وهو ما يقابل تقريبًا أيام النمو من التاسع إلى الرابع عشر، وهي النقطة التي أنهوا عندها التجارب.

ويحاول فريق زيرنيكا جوتز تطوير هياكل أكثر اكتمالًا. ففي عام 2017، زرع الفريق مزيجًا من نوعين من الخلايا الجذعية لدى الفئران: تلك التي تشكل الجنين نفسه، وأخرى تساعد على تكوين المشيمة، تُعرف بالخلايا الجذعية للأرومة الغذائية. ونما ذلك الهيكل الاصطناعي المزروع في سقالة ثلاثية الأبعاد، ليشبه الجنين بعد الانغراس[9]. ويعمل الباحثون حاليًّا على إنشاء تركيبة مماثلة شبيهة بالجنين، باستخدام الخلايا الجذعية البشرية. قد يساعد هذا التطور العلماء على معرفة المزيد حول التداخلات بين الأنسجة الجنينية، والأنسجة خارج الجنينية، مثل المشيمة.

«من حيث الوضوح، هذا عمل لم يسبق له مثيل».

وفيما تعكف مختبرات على تطوير هذه النماذج التخليقية التي تزداد تعقيدًا، وتسمَّى أجسامًا جنينية مضغية الشكل (embryoids)، بدأ يظهر على السطح بعض التساؤلات الأخلاقية. يقول مارتن بيرا، وهو عالم أحياء متخصص في الخلايا الجذعية بمختبر «ذا جاكسون» The Jackson Laboratory في بار هاربور بولاية ماين: "أعتقد أنه أمر غامض حقًّا، فكيف نظر إلى هذه الهياكل التي تتطور بصفة مستمرة؟". يتفق العديد من المتخصصين في عِلم الأخلاقيات والعلماء على أن الإصدارات الحالية من الأجسام المضغية الاصطناعية مبسطة جدًّا بدرجة لا تجعلها تخضع لقاعدة الـ14 يومًا، لكنّ عالِم الأخلاقيات الحيوية إينسو هيون - بجامعة كيس ويسترن ريزيرف في كليفلاند بولاية أوهايو - يقول إنه من الصعب تحديد أيٍّ من السمات سوف تجعل الأجسام المضغية حقيقية بما يكفي. ويضيف: "الفرصة متاحة لبناء



تبيِّن هذه الصورة تفرُّع الأعصاب في يد في الأسبوع التاسع من الحمل.

شيء ما يتجاوز نطاق الأربعة عشر يومًا، ويمكنه أن ينمو ويتطور إنْ زرعته في الرحم".

بناء الجسم

في الوقت الحالي، يخطو الباحثون خطوات كبيرة نحو الكشف عن تفاصيل من المراحل اللاحقة. وينشأ العديد من تلك التطورات بفضل التحسن الذي طرأ على عمليات صبغ الأنسجة، وتصويرها. وفي تقرير نُشر خلال عام 2016 في دورية «ساينس» *Science*، قام باحثون من المركز الطبي الأكاديمي بجامعة أمستردام بترقيم 15 ألف شريحة من مجموعة من الأنسجة يحتفظ بها معهد كارنيجي للعلوم في واشنطن العاصمة. تحتوي المجموعة على عينات، تم الحصول عليها من حالات إجهاض، وعمليات جراحية، وعمليات تشريح للجثث، تبدأ من ثمانينيات القرن التاسع عشر، وتستمر طيلة النصف الأول من القرن العشرين. وفي الدراسة الهولندية[10] التي تغطي الشهرين الأولين من النمو، تتبع الباحثون رقميًّا الخطوط العامة لما يصل إلى 150 عضوًا من أعضاء الجسم على شرائح مفردة، ثم رصوا المقاطع؛ لإعادة بناء نماذج ثلاثية الأبعاد للجنين الأصلي، وهي متاحة في صورة أطلس تفاعلي.

وكانت دراسة الأجنة بدقة عالية قد أدت بالفعل إلى بعض الاكتشافات. فعلى سبيل المثال، وجد الفريق[10] أن الكُلى التي يُعتقد أنها تصعد إلى أعلى في أثناء النمو، والغدد التناسلية التي يُعتقد أنها تنزل إلى أسفل، يبدو أنها تصعد وتهبط في الجسم لأنها تنمو بمعدلات مختلفة، مقارنة بالفقرات.

وجدير بالذكر أن أحد أوجه القصور الرئيسة في مجموعة كارنيجي هو افتقارها إلى المؤشرات الجزيئية، ما يجعل من الصعب التمييز بين أنواع الخلايا المختلفة. وللتعامل مع هذه المسائل، نشر ألين شيدوتال - من المعهد الوطني الفرنسي للصحة والبحوث الطبية (INSERM) في باريس - في عام 2017 أطلس جديدًا ثلاثي الأبعاد لعدد 36 من الأجنة البشرية الأولية، وتلك المتقدمة في النمو، وتغطي الفترة بين الأسبوع السادس والرابع عشر من النمو[11]. وقد وضع شيدوتال وفريقه علاجًا لإيضاح الأنسجة على العينات المُتبرَّع بها، لتسهيل تصوير تلك العينات تحت المجهر، كما صبغوها لتمييز الأنواع المختلفة من الخلايا.

تُظهِر الصور الناتجة ثلاثية الأبعاد - بتفصيل عالي الدقة – الأعصاب، والعضلات، والرئتين، وغيرها من الأعضاء وهي تنمو. "من حيث الوضوح، هذا عمل لم يسبق له مثيل"، على حد قول روي ديوجو من كلية الطب في جامعة هاورد في واشنطن العاصمة، الذي نقّب في مجموعة البيانات؛ بحثًا عن معلومات حول كيفية نمو عضلات الأطراف.

وفي نتائج لم تُنشر بعد، لاحظ فريق ديوجو عددًا من عضلات اليدين والقدمين، التي تختفي أو تندمج في أثناء النمو. "عندما نكون أجنة، تكون لدينا عضلات ليست لدينا ونحن بالغين"، كما يقول. ومن بين النتائج الأخرى غير المتوقعة، ذكر شيدوتال أنه رغم أن التنظيم الإجمالي للأعصاب متشابه في اليدين اليمنى واليسرى، فإن أنماط التفرع الدقيق في كل يد تتباين وتتباعد في مسارات مختلفة في الفترة من الأسبوع السابع إلى الحادي عشر.

مجال نامٍ

وفيما يعمل العلماء على ضبط وتحسين تقنياتهم، فهم يأملون أن يعرفوا المزيد والمزيد عن النمو البشري، وأن يسلطوا الضوء على أسباب فقدان الحمل، وظهور العيوب الخلقية.

وفي الوقت الذي تستحوذ فيه الأيام الأولى للجنين على الانتباه، كذلك تتجه الأنظار إلى مناقشات الحدود الأخلاقية. إذ قادت التجارب الموسعة التي أجرتها زيرنيكا جوتز، وبريفانلو البعض إلى اقتراح أنه قد آن الأوان لإعادة تقييم إيجابيات وسلبيات قاعدة الـ14 يومًا. ففي مايو الماضي، استضاف مركز الصحة والعلوم الحيوية بمعهد بيكر في جامعة رايس اجتماعًا، ضم ثلاثين من العلماء والمتخصصين في عِلم الأخلاقيات، وغيرهم من الخبراء من الولايات المتحدة، ومنهم بريفانلو، وجونستون، وذلك لبحث إمكانية تغيير هذه الحدود قليلًا، وكيفية القيام بذلك. يقول هيون، الذي حضر الفعالية أيضًا: "أعتقد أنه من الأفضل الحفاظ على قاعدة الـ14 يومًا، وتقديم التماس خاص للاستثناء منها".

وبينما تتراكم نتائج هذا العمل البحثي، تثير جوانب التقدم التقني مزيجًا من مشاعر الانبهار وعدم الارتياح بين العلماء. ولكل شعور منهما قيمته، حسبما تقول جونستون. وتضيف: "تذكِّرنا مشاعر الدهشة والانبهار هذه بأن هذا هو الشكل الأول من تكوين البشر، وهذا هو السبب في كون كثير من الناس تساورهم مخاوف أخلاقية. ويذكِّرنا ذلك بأن المسألة ليست مجرد مجموعة من الخلايا في طبق مختبري فحسب". ■

هيلين شين صحفية علمية، تقيم في سانيفيل بولاية كاليفورنيا.

1. Shahbazi, M. N. *et al. Nature Cell Biol.* **18**, 700–708 (2016).
2. Deglincerti, A. *et al. Nature* **533**, 251–254 (2016).
3. Fogarty, N. M. E. *et al. Nature* **550**, 67–73 (2017).
4. Warmflash, A., Sorre, B., Etoc, F., Siggia, E. D. & Brivanlou, A. H. *Nature Meth.* **11**, 847–854 (2014).
5. Etoc, F. *et al. Dev. Cell* **39**, 302–315 (2016).
6. Heemskerk, I. *et al.* preprint at bioRxiv https://doi.org/10.1101/202366 (2017).
7. Martyn, I., Kanno, T. Y., Ruzo, A., Siggia, E. D. & Brivanlou, A. H. *Nature* **558**, 132–135 (2018).
8. Shao, Y. *et al. Nature Commun.* **8**, 208 (2017).
9. Harrison, S. E., Sozen, B., Christodoulou, N., Kyprianou, C. & Zernicka-Goetz, M. *Science* **356**, eaal1810 (2017).
10. de Bakker, B. S. *et al. Science* **354**, aag0053 (2016).
11. Belle, M. *et al. Cell* **169**, 161–173.e12 (2017).



ILLUSTRATION BY DAVID PARKINS

معركة بشأن التنوّع الحيوي

قد يقوِّض صِدام أيديولوجي تقييمًا حاسمًا للنباتات والحيوانات الآخِذة في الاختفاء في العالم.

بعد ظهيرة أحد الأيام الحارة الرطبة في ضواحي واشنطن العاصمة، ارتسم القلق على وجه بوب واطسون. جلس واطسون - الإخصائي المرموق في كيمياء الغلاف الجوي - على مقعد في فناء منزله، محاطًا بأكوام من الأوراق. تحدَّث بأسلوبه المندفع الحاد المعهود، شارحًا التوترات المحدقة باللجنة الدولية التي يقودها. مِن المفترَض أن تقدِّم هذه اللجنة المشورة العلمية فيما يخص إحدى أكثر مشكلات العالم تعقيدًا، وهي الفقدان المتسارع للنباتات والحيوانات على نحو متزايد، لكنّ انشقاق الصف في المجتمع البحثي يهدد بتقليص هذه الجهود المبذولة بأكملها. ففي غضون أيام قليلة، سيسافر واطسون إلى إنجلترا؛ للاحتفال بعيد ميلاده السبعين، لكنه في هذه اللحظة ليس في مزاج يساعد على المرح والاحتفال.

تحدث واطسون عن صراع يعاني منه «المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات في مجال التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية» (ويسمى اختصارًا IPBES)، وهو المنظمة الشقيقة الصغرى للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، الحائزة على جائزة نوبل. وتضطلع الجهتان بمهام هائلة.. فالهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقدِّم معلومات متخصصة عن التغيّر المناخي في الوقت المناسب، وقد ساعدت في إرساء أسس المعاهدات الدولية الرامية إلى إبطاء وتيرة الاحترار العالمي، مثل اتفاق

إحسان مسعود

باريس للمناخ، الذي تم في عام 2015. وقد كُلِّف المنبر المعني بالتنوّع الحيوي بالتركيز على الاختفاء الهائل لمجموعات النباتات والحيوانات.

وكما هو الحال في تغيّر المناخ، يُعَد البشرُ المُذنِبين الرئيسين في فقدان التنوّع الحيوي؛ فقد حَوَّل الناس حوالي 50% من سطح الأرض من أجل الأنشطة البشرية. ويحذِّر الباحثون من أنْ يؤدي فقدان أنواع النباتات والحيوانات الناتج عن ذلك إلى انقراض جماعي.

وبينما قامت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ - الأقدم عمرًا - بتوحيد صفوف المجتمع العلمي إلى حدٍّ بعيد، ولاقت نجاحًا دوليًّا كبيرًا فيما يتعلق بالسياسات الدولية، لم يتمكن بَعْد المنبرُ المعني بالتنوّع الحيوي - الذي يبلغ من العمر ست سنوات - من ممارسة ما قد يماثل هذه الدرجة من التأثير. وبالإضافة إلى ذلك.. فإن المجتمع العلمي الذي يُمثّله المنبر منقسم على ذاته. فعالَم البحث العلمي في مجال التنوع الحيوي أشبه بعائلة كبيرة انقسمت إلى فِرق متناحرة. والعلماء القادمون من بلدان الجنوب - الأقل ازدهارًا - يقفون في مواجهة زملائهم من دول الشمال، الأكثر ثراءً. والباحثون في فروع العِلْم الأكثر تجريبية يتجادلون مع الباحثين المتخصصين في العلوم الإنسانية والاجتماعية.

وتعكس المسائل الكامنة وراء هذا الانشقاق في الصف مجادلات أوسع نطاقًا في

مجال العلوم حول هياكل السلطة التقليدية، والوصول المتزايد إلى المجموعات التي لا تتمتع بالتمثيل الكافي، فضلًا عن معارضة النظم الاقتصادية المهيمنة. فحتى الآن، قاد العلماء ومناصرو الحفاظ على البيئة من الدول المتقدمة – بشكل واضح - الجهود الرامية إلى دراسة تناقص الأنواع وتقييمه، لكن سلطات صنع القرار داخل المنبر المعني بالتنوّع الحيوي تقع حاليًّا في أيدي علماء يقولون إن جهود الحفاظ على البيئة بحاجة إلى مزيد من الإسهامات من البلدان النامية، ومن الباحثين في مجالات العلوم الإنسانية وغيرها من التخصصات غير التجريبية، وكذلك من غير الأكاديميين، مثل المزارعين، والمواطنين العلماء، والشعوب الأصلية.

تقول ساندرا دياز، الرئيسة المشاركة للتقييم العالمي القادم للتنوع الحيوي، الذي يجريه المنبر، والذي سيُعَد الإنجاز الأكبر له عند نشره في مايو القادم: "منذ عشر سنوات، كان الأمر يقتصر في الغالب على علماء البيئة، وبعض الاقتصاديين، أما الآن، فثمة عدد أكبر بكثير من الباحثين والأطراف الاجتماعية الفاعلة يريد المشاركة". وتضيف دياز، وهي كذلك عالمة بيئة في جامعة قرطبة الوطنية بالأرجنتين: "من الأرجح أن يخلق ذلك بِنْية أكثر ثراءً من المعرفة".

أمّا مَن يقفون على الجانب الآخر من النزاع، ويولون أهمية أكبر للنهج التجريبي، ويشملون بعضًا من أكبر الأسماء المتخصصة في علم التنوع الحيوي، فيقولون إنه قد تم تهميشهم. يقول بافان سوكديف، وهو اقتصادي ورئيس الصندوق العالمي للحياة البرية: "إنني متحير من هذا الجدال القائم". ويقود سوكديف دراسة أصغر، ومنافِسة إلى حدٍّ ما لصالح الأمم المتحدة، تُسمَّى «اقتصاديات النظم البيئية والتنوع الحيوي» The Economics of Ecosystems and Biodiversity.

يأتي هذا العداء في وقت حاسم يمر به المنبر؛ إذ يُعِد تقريره حول التنوع الحيوي العالمي، وهو أكثر التقييمات شمولًا بشأن هذا الموضوع منذ 14 عامًا. ويخشى واطسون من أنْ يقلص نزاع عام من تأثير التقييم على الحكومات، وفرص اتخاذ إجراءات حقيقية لحماية التنوع الحيوي. ويقول: "لا داعي لوجود هذا الانشقاق في الصف".

السعي لتَوافُق الآراء

في بعض النواحي، تُعَد هيئتا المناخ والتنوع الحيوي سابقتا الذكر من بقايا القرن العشرين، وهو عصر قَدّم فيه علماء - أغلبهم من الذكور، وإلى حدٍّ كبير من الدول المتقدمة - توجيهات في مجال السياسات العامة للحكومات والأمم المتحدة من موقع سلطة، لا ينازعهم أحد عليها نسبيًّا.

في عام 1985، أقرّت هيئة علمية دولية، شارك واطسون في رئاستها، بأن المواد الكيميائية الصناعية تؤدي إلى تدهور طبقة الأوزون. وأدى تقرير هذه الهيئة[1] إلى معاهدة مُلْزِمَة قانونًا، وهي بروتوكول مونتريال لعام 1987، الذي بموجبه تم التخلص تدريجيًّا من هذه المركبات. وفي 1995، قدّمت - على نحو مماثل - الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إجماع علمي على أن البشر يغيّرون المناخ[2]. وقد مهّد ذلك الطريق لبروتوكول كيوتو لعام 1997، الذي وضع حدودًا لانبعاثات غازات الدفيئة من الدول المتقدمة.

وطالما كان التنوع الحيوي هو الاستثناء؛ فمن بين الاتفاقات العالمية العديدة المبرَمة في هذا المجال، لم يتحقق شيء نتيجةً لعملية تُمَاثِل ما قامت به الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، التي أدى الإجماع العلمي فيها إلى اتخاذ إجراءات في هذا الشأن. وفي الواقع، لم يتشكّل المنبر المعنِيّ بالتنوع الحيوي سوى في عام 2012، وذلك بعد مرور عقدين كاملين على توقيع القادة الدوليين على اتفاقية الأمم المتحدة بشأن التنوع الحيوي في مؤتمر قمة الأرض الشهير، الذي عُقِد في ريو دي جانيرو بالبرازيل في عام 1992.

توجد أسباب عديدة وراء عدم مقدرة علماء التنوع الحيوي على إحداث تأثير باستخدام السياسات الجماعية بالطريقة ذاتها التي قام بها زملاؤهم في أبحاث المناخ. يقول سوكديف: "التنوع الحيوي ليس مثل غازات الدفيئة". ويضيف قائلًا إن وجود فريق علمي حكومي لتقييم غازات الدفيئة يبدو منطقيًّا، لأن تغيُّر المناخ يؤثر على الجميع. لكنّ التنوع الحيوي هو مسؤولية كل دولة بمفردها، ما يجعل الأسباب وراء إنشاء هيئة علمية دولية في هذا الشأن أقل وضوحًا. ويتساءل سوكديف: "لِمَ قد تهتم الصين [بالحفاظ] على النمر البنغالي الملكي [الهندي]؟ وبالمثل، لِمَ قد تهتم الهند بحيوان الباندا الصيني؟".

لعبت سياسات الصراع بين الشمال والجنوب دورًا أيضًا في هذا الشأن. فعلى سبيل المثال.. كان ثمة قلق من احتمال قيام شبكة الخبراء، التي تهيمن عليها الدول الأكثر ثراءً، بإبطاء أو إضعاف الاتفاقيات الدولية المتعلقة بتنظيم الكائنات المُعدَّلة وراثيًّا، أو مشاركة منافع التنوع الحيوي، بسبب قوة جماعات الضغط المناصِرة للأعمال التجارية الزراعية في هذه الدول.

وبالرغم من أن هذه المخاوف لا تزال قائمة بقوة، إلا أن فرنسا ودول أوروبية أخرى مارست ضغوطًا في عام 2005؛ لإنشاء هيئة دولية قوية، ووفرت التمويل الأساسي لها. وبالرغم من أن هذا الجهد قد تلاشى في نهاية المطاف، إلا أن برنامج الأمم المتحدة للبيئة بثّ الحياة في صورة أخرى منه[3] بتأسيسه المنبر المعنِيّ بالتنوع الحيوي في عام 2012. ويتألف المنبر الجديد - الذي تكلّف 31 مليون دولار أمريكي حتى الآن - من ممثلين من 129 حكومة من الحكومات الأعضاء، ويُكلَّف - ضمن مهام أخرى - بإجراء تقييمات دورية للسياسات وتقديم التدريب، خاصةً في الدول الأقل تقدمًا.

ويرجع أحد أسباب حدوث هذا التقدّم المبهر في هذا الشأن إلى أن مؤسسي المنبر أدركوا أنه لن ينجح، إلا إذا اتفق المتخصصون في العلوم الطبيعية، خاصةً مَن ينتمون إلى الدول الأكثر ثراءً، على المساواة بينهم وبين المتخصصين في العلوم الاجتماعية، والباحثين في العلوم الإنسانية، والخبراء في معارف المجتمعات الأصلية. وكان من الأسباب المهمة كذلك وجود علاقة مشاركة وثيقة بين أول رئيسين للمنبر؛ وهما ذكري عبد الحميد، رئيس المستشارين العلميين السابق لرئيس وزراء ماليزيا، وبوب واطسون، اللذان عملا معًا في السابق لرأب الصدع بين الشمال والجنوب.

لم يكُف المنبر - منذ تأسيسه - عن العمل. فقد نشر في وقت سابق من العام الجاري تقييمات للتنوع الحيوي في مناطق مختلفة، وتقريرًا حول حالة تدهور الأراضي، خلص إلى نتيجة مفادها أن مثل هذه البيئات المتضررة تشكل تهديدًا لرفاهية 3.2 مليار شخص[4].

وشرعت الفرق البحثية التابعة للمنبر في شهر أغسطس من هذا العام في إجراء تقييم مرتقب على نطاق واسع للطرق المختلفة التي يمكن عن طريقها تقييم الأنواع والأنظمة الحيوية. وهذه واحدة من النقاط العالقة بين مختلف فصائل المجتمع المعني بالتنوع الحيوي.

وبالرغم من أن الجدال الحالي له جذور تعود إلى عقود مضت، فقد احتدم منذ عام 2016 عندما نشر المنبر تقييمًا مكوّنًا من 800 صفحة عن التلقيح في النباتات[5]. ساعد هذا التقرير على تركيز الاهتمام على حقيقة أن استخدام مبيدات الآفات قد أسهم في انخفاض أعداد النحل في وقت كان يتزايد فيه الحجم العالمي للمحاصيل التي تعتمد على الملقحات.

«ينتفع العالَم من إجراء المزيد من الحوارات الصريحة على مستوى العلوم والثقافات المختلفة.»

ويفيد التقرير بأن المحاصيل التي تصل قيمتها السوقية إلى 577 مليار دولار (وفق أسعار عام 2015) تعتمد على التلقيح عن طريق الحيوانات، ويتضمن فصلًا عن اقتصاديات التلقيح، إلا أنه تم إغفال المعلومات الاقتصادية من ملخص التقرير إلى حدٍّ كبير، بالرغم من أن ذلك هو الجزء الذي قد يودّ معظم صُنّاع السياسات قراءته. ويؤيد سوكديف وعلماء آخرون إبراز مثل هذا التحليل الاقتصادي على نحو أكبر، بوصفه وسيلة لإجراء تقدير كَمّي لأهمية أنواع مثل الملقحات، لكنْ من وجهة نظر قيادة المنبر، سيؤدي فعل ذلك إلى تمييز فرع واحد من الاقتصاديات عن التخصصات الأخرى، وإغفال الأساليب غير المالية لتقييم الأنواع.

يرى كثيرون في الدول النامية التقييم المالي رؤية «غربية» للطبيعة، حسبما يقول أوناي باسكوال، وهو إحصائي في الاقتصاد البيئي في مركز الباسك لتغير المناخ، بالقرب من بلباو في إسبانيا، ويشارك في قيادة الدراسة التابعة للمنبر، التي تتناول تقييم التنوع الحيوي. ويضيف باسكوال: "إنها رؤية ناتجة عن ثقافة ومنظور محددَين للعالم، ونظام اقتصادي معين".

التكلفة المُتكبَّدة

لقد دارت هذه المجادلات بين أفراد المجتمع المعني بالتنوع الحيوي، لكنّ ناقدي المنبر سعوا مؤخرًا إلى مخاطبة جمهور أوسع نطاقًا عبر صفحات الرسائل في دورية «ساينس» *Science*، حيث وصفوا جوانب العملية بأنها سياسية للغاية، واتهموا المنبر باستبعاد عِلْم مهم[6].

تتمثّل إحدى نقاط الخلاف الرئيسة في مفهوم «خدمات النظم البيئية»، وهو فكرة اكتسبت أهمية في عام 2001 عند بدء إجراء التقييم الدولي الكبير الأخير للتنوع الحيوي، وهو تقييم النظام البيئي للألفية. وخدمات النظم البيئية هي تلك الخصائص، أو الوظائف، أو العمليات البيئية التي تسهم - على نحو مباشر، أو غير مباشر - في رفاهية الإنسان[7].

استخدم علماء البيئة اللغة الاقتصادية بشكل واعٍ، لأنها كانت وسيلة للتحدث إلى السياسيين وغيرهم من صنّاع السياسات بمصطلحات مألوفة، حسبما يقول واطسون، الذي رأس كذلك هذه العملية. ويضيف واطسون: "أردنا جذب جميع الأطراف السياسية الفاعلة".

وبالرغم من أن خدمات النظم البيئية قد شهدت بعض النجاح في مجال السياسات، إلا

أن الباحثين الذين يدرسون البيئة من هذا المنظور يقولون إن عمليات المنبر قد قامت بتنحيتهم. ويقول دولف دي جروت، أستاذ العلوم البيئية بجامعة فاخينينجن بهولندا، الذي يرأس مشارَكة خدمات النظم البيئية، وهي شبكة مؤلَّفة من 3 آلاف عالِم يعملون في هذا المجال: "نعاني الكثير من الارتباك والطاقة السلبية". ويضيف قائلًا إنّ ثمة تصورًا يسود بين أعضاء الشبكة بأنهم يتعرضون للمَنْع.

وتردّ دياز مُحتَجّةً: "بالقطع لا يوجد أي حظر" لخدمات النظم البيئية، "نحن لا نعتزم إلغاءها، أو محوها، أو استبدالها".

وتضيف قائلة إنّ العلماء العاملين في خدمات النظم البيئية، ومَن يُفضِّلون إضافة التحليلات الاقتصادية إلى دراسات التنوع الحيوي ينبغي أن يكونوا على استعداد للعمل مع الباحثين وغير العلماء الذين يختلفون مع هذه النُّهج. فثمة تشكك ملحوظ، كما تقول، بشأن مفهوم خدمات النظم البيئية بين الباحثين والحكومات في الدول النامية.

لقد أقنعت دياز وزملاؤها الحكومات الأعضاء في المنبر بتبنِّي إطار عمل بديل للتقييم، يطلقون عليه إسهام الطبيعة في حياة البشر. وتقول دياز إن هذا المفهوم الأحدث يناسب - بشكل أكبر - تقييم التنوع الحيوي، لأنه سيتضمن معارف المجتمعات الأصلية، فضلًا عن اشتماله على باحثين من الدول النامية. والكثير من نُهج التعامل مع التنوع الحيوي غير الغربية أقل اختزالًا وأكثر شمولية، حسبما يقول سيبسيبي ديميسيو، الذي يرأس حديقة جاليلي النباتية بأديس أبابا، وكان عضوًا سابقًا في لجنة الخبراء العلمية بالمنبر. ويضيف ديميسيو: "في هذه الثقافات، لا معنى لتحديد قيمة مالية لغابة، أو نهر، لأنه جزء من كيان كامل. فذلك أشبه بقولك لإنسان: ما ثمن أحد أطرافك؟ أو ما ثمن كليتك؟".

ومن وجهة نظر دي جروت "من الخطأ القول - ببساطة - إنّ خدمات النظم البيئية عِلْم غربي". ويزعم هو وحلفاؤه أن اللغة المستخدمة في التقديرات الاقتصادية مهمة، لأنها تجذب انتباه صُنّاع السياسات. ويقول: "إنك لن توقف حكومة ترامب عن مدِّ خطوط أنابيب في المحميات الطبيعية، عن طريق التأكيد على إسهام الطبيعة في حياة البشر".

مجتمع منقسم على ذاته

إن أحد أكبر مخاوف واطسون هو أن يتوقف صُنّاع السياسات عن الاهتمام بالقضية بمجرد رؤيتهم شجارًا بين العلماء. لذا.. عقد واطسون اجتماعًا في الأسبوع الأول من يونيو من العام الجاري لعلماء المنبر، وممثلي الحكومات في مدينة بون بألمانيا؛ لتشجيعهم على منح الضوء الأخضر لنهج إسهام الطبيعة في حياة البشر، الأكثر شمولية. وترغب الحكومات ووكالات الأمم المتحدة في أن تنجح هذه الهيئة الناشئة في تحقيق طموحها في أنْ تكون أكثر شمولية، وأقّروا النموذج الجديد لها.

حضرت الاجتماع في بون آنا ماريا هيرنانديز، مندوبة كولومبيا في المنبر. وتتفق هيرنانديز مع فكرة أن التقييمات الصادرة عن المنبر ستشكل تحديًا لأسلوب تفكير العلماء وصُنّاع السياسات بشأن القضايا محل الاهتمام، وتقول: "إن المجتمع العلمي لديه رؤية واحدة، لكنْ ليس كل مَن لديه علم بالتنوع الحيوي أو يُعنَى بالحفاظ عليه عالِمًا. نحن بحاجة إلى أن نتعلم الإصغاء إلى الناس، حتى وإنْ لم يكونوا من حاملي شهادة الدكتوراة". تشغل هيرنانديز منصب مديرة السياسات بمعهد ألكسندر فون هومبولت لأبحاث الموارد البيولوجية في بوجوتا.

تشعر كذلك كريستينا فيجيراس - التي أدارت بنجاح اتفاق باريس للمناخ، بوصفها الأمينة التنفيذية السابقة لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ - بالحماس لاتباع المنبر للنهج الأكثر شمولية، وتقول: "ينتفع العالَم من إجراء المزيد من الحوارات الصريحة على مستوى العلوم والثقافات المختلفة. وأنا أحيِّي وأدعم ما يقومون به، وأتمنى لهم النجاح".

هذا.. ولكنْ يساور آخرين القلق بشأن الانقسام الذي يهز المجتمع المعني بالتنوع الحيوي، والمنبر المذكور. فالجانبان لا يتقاربان. ويقول دي جروت إن اجتماع المنبر - الذي عُقِد في يونيو - استبعد في الواقع مشارَكة خدمات النظم البيئية. ويضيف: "لم تتم دعوتنا إلى أيٍّ من الاجتماعات". ويرد واطسون على ذلك قائلًا إن الاجتماع كان مقصورًا على ممثلي الحكومات الأعضاء في المنبر، تلك الحكومات البالغ عددها 129 حكومة، وأن الحاضرين البالغ عددهم 49 أيّدوا الابتعاد عن خدمات النظم البيئية.

ويجادل نقّاد المنبر، مُعَبِّرين عن أنّ المنبر أصبح أداة لتحقيق رغبة أعضائه من



MARC MORITSCH/NGC

الآمور (أو النمر السيبيري) هو نُوَيع مهدد بالانقراض.

الباحثين، بدلًا من تقديم علْم عملي يمكنه أن يحفز اتخاذ القرارات القادمة، ويقدم المعلومات اللازمة لهذه القرارات، مثل تحديد أهداف جديدة لكبح جماح فقدان التنوع الحيوي. وتُناقَش حاليًّا هذه الأهداف بشكل منفصل، بوصفها جزءًا من اتفاقية الأمم المتحدة المتعلقة بالتنوع البيولوجي.

ولكي يحقق المنبر الأثر المنشود، سيكون عليه تجاوُز هذا الانقسام، حسبما تقول ماريا إيفانوفا بجامعة ماساتشوستس بمدينة بوسطن، التي تكتب تاريخ برنامج الأمم المتحدة للبيئة. وتوصي إيفانوفا بأنْ يَمُد واطسون وقيادة المنبر غصن الزيتون إلى منتقديهم. وتقول: "ينبغي عليهم - على الأقل - أن يقيموا حوارًا بنّاءً، بدلًا من رشق بعضهم البعض بالرسائل على صفحات الدوريات الأكاديمية".

ويبدو أن واطسون يتفق في الرأي مع إيفانوفا؛ فهذا المجادل المتمرس في النقاشات الدائرة بين الشمال والجنوب، والكثير من التقييمات العالمية السابقة يعرف أن السنوات الأولى للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ كانت تعرقلها أيضًا المناوشات داخل الجماعة، التي يدور بعضها حول الأدلة المشيرة إلى أن البشر يتسببون في التغير المناخي. وهو يتفهم كذلك أن تأثير هيئة المناخ كان لينخفض كثيرًا، دون اتحاد المجتمع حول توافق علمي في الآراء.

يخضع المنبر كذلك لتقييم خارجي، مِن المقرر أن يُقدَّم به تقرير بحلول شهر مايو العام المقبل. والمراجعون القائمون على هذا التقييم على وعي تام بالانشقاق القائم، والخطر الذي يشكِّله على طموحات المنبر في إقناع صُنّاع السياسات لاتخاذ خطوات، مِن شأنها الحدّ من فقدان التنوع الحيوي. ويحذّر واطسون من أنه إذا كان للمنبر أن يلاقي نجاحًا، "فعلينا ألا نُحدِث انقسامًا في المجتمع الأكاديمي أو الحكومات تحت أي ظرف من الظروف". ■

إحسان مسعود يكتب من لندن في موضوعات عن العلوم والسياسات.

1. World Meteorological Organization. *Atmospheric Ozone 1985* Volume III (WMO, 1985).
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC Second Assessment: Climate Change 1995* (IPCC, 1995).
3. Granjou, C., Mauz, I., Louvel, S. & Tournay, V. *Sci. Technol. Soc.* **18**, 9–27 (2013).
4. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *The Assessment Report on Land Degradation and Restoration* (IPBES, 2018).
5. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Thematic Assessment on Pollinators, Pollination and Food Production* (IPBES, 2016).
6. Díaz, S. *et al. Science* **359**, 270–272 (2018).
7. Costanza, R. *et al. Ecosyst. Serv.* **28**, 1–16 (2017).

JUHO AALTO

مقياس أفضل لتقييم الأبحاث من النصف الجنوبي من العالَم

يصف المموِّلان **جين ليبيل، وروبرت ماكلين** أداة جديدة للحُكْم على قيمة العِلْم، الذي يسعى إلى تحسين حياة الناس، وجدواه.

في الهند، التي تُعَد المُنتِج الرئيس للمانجو في العالم، يتعرض ما يصل إلى 40% من الثمار التي يتم جَنْيها للتلف في أثناء النقل، قبل التسليم. وينجم عن هذا التلف خسائر في الإيرادات تصل إلى ما يقرب من مليار دولار أمريكي سنويًّا، ما يؤثر على حياة ملايين من المزارعين، والتُّجّار، والمستهلكين، وقوتهم. لذا، طوّر باحثون من الهند، وسريلانكا، وكندا مجموعة من المواد النانوية التي يمكن رشّها على الثمار، سواء فوق الأشجار، أو عند التعبئة، أو في أثناء النقل؛ لإطالة مدة صلاحيتها. احتجز الباحثون جزيئات الهكسانال الكارهة للماء (المستمدة من بقايا النباتات) في غشاء محب للماء؛ حتى يمكن تعليقها في سائل؛ لاستخدامه في رش الفواكه سريعة التلف.

وفي مصر، تعرضت أكثر من 95% من النساء للتحرش الجنسي مرة واحدة على الأقل، ولكنْ لا يُبلَّغ عن معظم هذه الحالات. لذا، في عام 2010، طوّر باحثون في المؤسسة الاستشارية للشباب والتنمية في القاهرة خريطة التحرش (/https://harassmap.org en). ويتيح هذا المورد التفاعلي على شبكة الانترنت للأشخاص إمكانية الإبلاغ عن حالات التحرش الجنسي، ووضع خريطة لها. وعندما اتضح أن مقارّ الحرم الجامعي تمثّل بؤرًا للتحرش؛ طبّقت جامعة القاهرة سياسة لمكافحة التحرش الجنسي، كانت الأولى من نوعها في منطقة الشرق الأوسط. وبدأت جامعات مصرية أخرى في الوقت الحالي تحذو حذوها.

يسهم كلا المشروعين في وضع حلول لتحديات مجتمعية مُلِحّة. ويرى الباحثون المشاركون فيهما أن الأشخاص الذين يستفيدون من هذه المشروعات هم الأقدر على الحُكْم على قيمة العمل وجدواه. لذا، أمضت الفرق البحثية وقتًا في تطوير فرضياتها ونتائجها بصحبة الأشخاص الذين يستشعرون الآثار الناتجة. وفي كلتا الحالتين، يتميز البحث بالقوة والقدرة على ◄

تغيير حياة الأشخاص، وهما يشكلان معًا بالضبط المزيج الذي يمكن أن يقول عنه معظم الناس إنه في صميم العلم.

هذا، ولكن كلا المشروعين يحتلان مرتبة متدنية، إذا ما حكمنا عليهما فقط من منظور الأساليب التقليدية لتقييم جودة الأبحاث التي تضع على رأس الأولويات آراء الأقران، وحجم الأوراق البحثية المنشورة، والاستشهادات. ويمثّل ذلك مشكلة، لأن التأييد الذي يأتي من علماء آخرين، وليس من أصحاب المصالح، يشكّل القوة الدافعة للتطور الوظيفي للباحثين في مصر، وسريلانكا، والهند، كما هو الحال في جميع الأماكن الأخرى.

إذًا، هل يكمُن الضعف في العلم نفسه، أم في طريقة قياسه؟ في أغلب الأحيان - من وجهة نظرنا - يكون الضعف في طريقة القياس. إذ تتبنى التقنيات السائدة في تقييم الأبحاث رؤية ضيقة الأفق بشأن ماهية الجودة، الأمر الذي يقلل من قيمة التوصل إلى حلول متفردة لمشكلات فريدة. ويوفر مركز بحوث التنمية الدولية الكندي في أوتاوا التمويل لهذه النوعية من الأبحاث فحسب، أي أبحاث العلوم الطبيعية والاجتماعية التي تكشف النقاب عن حلول للتحديات التنموية التي تواجه بلدان النصف الجنوبي من عالمنا. ويتولى قيادة أغلبية الأعمال التي نوفر لها الدعم باحثون من هذه البلدان.

لهذا السبب طوّرنا في مركز بحوث التنمية الدولية أداة لتقييم جودة البحوث، ترتكز على الخبرة المحلية، وتكون قابلة للتطبيق على هذه الخبرة. وقد استخدمنا هذه الأداة لتقييم 170 دراسة، ثم أجرينا تحليلًا تجميعيًّا لهذه التقييمات. تشير النتائج التي توصلنا إليها إلى أنه من الممكن - بل ومن الضروري - تغيير الطريقة التي نستخدمها في تقييم البحوث التطبيقية والانتقالية.

رؤية ضيقة الأفق

لا شك أن أوجه قصور الاتجاهات السائدة في تقييم البحوث معروفة جيدًا[1-5]، فمراجعة الأقران بطبيعتها ليست سوى رأي. وتنبئنا كذلك أساليب قياس الاستشهادات – البحثية، والاجتماعية، على حدٍّ سواء - عن مدى شعبية البحوث المنشورة، لكنها لا تعبر بشكل مباشر عن دقة هذه البحوث، أو أصالتها، أو مدى نفعها. لذا، فإن طرق القياس هذه إمّا أن تقدم لنا القليل بشأن كيفية تحسين العلوم ورعايتها، أو لا تقدم لنا شيئًا على الإطلاق. وهذا يمثّل تحديًا للباحثين في شتى أنحاء العالم.

يتضاعف هذا التحدي في وجه الباحثين في البلدان الواقعة في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية. فعلى سبيل المثال، تمثّل الضغوط الواقعة على الباحثين للنشر في دوريات ذات معامل تأثير مرتفع عائقًا كبيرًا، لأن النشر في هذه الدوريات يكون - في الأغلب الأعمّ - باللغة الإنجليزية، كما أن هذه الدوريات تنحاز إلى نشر البيانات الواردة من الولايات المتحدة، وغرب أوروبا[6]. وباستثناء مجموعة ناشئة من المجلات الصينية، يُنظَر إلى المطبوعات المنشورة بلغات محلية على نطاق واسع على أنها تنتمي إلى مستوى أدنى، بما في ذلك الدوريات المنشورة بلغات أوروبية أصلية، مثل الإسبانية، أو البرتغالية، أو الفرنسية.

تتفاقم مشكلة طرق القياس على نحو أكبر أمام الباحثين الذين يتناولون في دراساتهم تحديات محلية. وتُعَد بحوث التكيّف مع تغيّر المناخ من الأمثلة على ذلك. فالبلدان الواقعة في النصف الجنوبي من العالم تقف في الصفوف الأمامية في معركة الاحترار العالمي، حيث تُعَد استراتيجيات التكيّف الملائمة للسياق بالغة الأهمية. وتعتمد هذه الاستراتيجيات على بيانات مرتبطة بشدة بالمنطقة المعنية، حول عوامل معقدة، مثل أنماط الطقس، والتنوع البيولوجي، والمنظورات المجتمعية، والشهوة السياسية. ويمكن جمع هذه البيانات، وتنسيقها، وتحليلها، ونشرها على أيدي باحثين محليين. وفي بعض الحالات، يكون من المهم للغاية أداء هؤلاء الباحثين للعمل؛ فهم يتحدثون اللغات المطلوبة، ويفهمون العادات والثقافة، ويتمتعون بالاحترام والثقة في المجتمعات المحلية. ومن ثم، يمكنهم الاطلاع على المعرفة التقليدية المطلوبة لتفسير التغيّر التاريخي. ويساعد هذا العمل على صياغة طرق للتكيّف، تصنع فارقًا حقيقيًّا في حياة الأفراد، لكنه عنصر أساسي أيضًا للأبحاث والتحليلات التجميعية عالية المستوى، التي تُجرَى في وقت لاحق، بعيدًا عن المناطق المتضررة[7].

وفي هذا الصدد نتساءل: هل نَهْج التقييم الراهن يتحرى الدقة، ويمنح تقديرًا متساويًا لكلٍّ من الباحث المحلي الذي يركز على التفاصيل الدقيقة، والباحث الذي يُعمِّم من بعيد؟ وهل يعترف النهج الحالي باختلاف الحوافز المقدَّمة إلى الباحثين المحليين والأجانب، وبأثر هذه الحوافز على القرارات البحثية؟ وهل نقيس البحوث المرتكزة على أسس محلية ولها أهميتها على الصعيد العالمي، ونكافئها بالشكل المناسب؟ من وجهة نظرنا، تتلخص الإجابة عن جميع هذه الأسئلة في كلمة «لا».

من «لا» إلى «نعم»

بدعم من شركاء في أنحاء النصف الجنوبي من العالَم، وتحت قيادتهم، قرر مركز بحوث التنمية الدولية أن يجرّب شيئًا مختلفًا. وكانت النتيجة أداة عملية، نُطْلِق عليها اسم «الجودة البحثية المتقدمة» (+RQ)[8].

تُقرّ هذه الأداة بأن الجدارة العلمية ضرورية، لكنها غير كافية، كما تعترف بالدور بالغ الأهمية لأصحاب المصالح والمستخدمين في تحديد مدى أهمية البحث ومشروعيته. وتركز الأداة الاهتمام على مدى كفاءة العلماء في تجهيز أبحاثهم للاستخدام، مع الأخذ في الاعتبار الإدراك المتزايد بأن عملية الاستيعاب والتأثير تبدأ في أثناء عملية البحث، وليس فقط في أعقابها.

في اعتقادنا أن هذا النهج له مزايا، تتجاوز سياق التنمية. ونأمل في أن يكون من الممكن تصميمه حسب الطلب، واختباره وتحسينه في مجموعة متنوعة من التخصصات والسياقات؛ لكي يوائم احتياجات المُقيِّمين الآخرين، الذين لا يتمثّلون في جهات التمويل أمثالنا فحسب، وإنما أيضًا في الحكومات، ومراكز الفكر، والدوريات، والجامعات، وغيرها من الجهات الأخرى.

«لم تكن التقييمات التقليدية بهذه الصعوبة والتحدي مطلقًا، لكنها لم تكن أيضًا بهذه الدرجة من التحفيز والنفع».

ترتكز أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» على ثلاثة مبادئ، هي:

تحديد العوامل السياقية: ثمة أشياء عديدة يمكن تعلُّمها من البيئة التي تُجرَى فيها الأبحاث، فبدلًا من السعي إلى فصل البحوث عن الطريقة، والمكان، وسبب إجرائها، ومَنْ أجراها، يجب على المُقيِّمين دراسة هذه السياقات؛ للوصول إلى قرار محدد بشأن الجودة. وفيما يخص مركز بحوث التنمية الدولية، تضَمّن هذا العمل خمس مسائل: النواحي السياسية، والبيانات، والبيئات البحثية، ونضج المجال العلمي، وإلى أي مدى يتضمن المشروع تركيزًا على تعزيز القدرات. أما فيما يخص أيّ جهة تمويل، أو دورية، أو مركز فكري آخر، فيمكن - أو ينبغي - أن تكون هذه المسائل مختلفة.

إبراز أبعاد الجودة: ينبغي أن تكون القيم والأهداف الأساسية للجهد البحثي واضحة. فالمُقَيِّمون يقيسون أهمية أبعاد الجودة هذه باستخدام صيغة تُناسِب سياق البحث وأهدافه. وتتضمن الأبعاد المهمة من وجهة نظر مركز بحوث التنمية الدولية ما يلي: النزاهة العلمية (كمقياس للدقة المنهجية)، والمشروعية (كمقياس لامتثال البحث للسياق والأهداف)، والأهمية (كمقياس للجدوى، والإبداع)، والإعداد للاستخدام (إلى أي مدى يتميز البحث بأنه مناسب زمنيًّا، وقابل للتنفيذ، ومُعلَن عنه بصورة كافية). (انظر الشكل رقم S1 في «المعلومات التكميلية»).

استخدام قواعد التقييم والأدلة: يجب أن تكون التقييمات منهجية، وقابلة للمقارنة، ومبنية على أدلة تجريبية نوعية وكمية، وليس فقط على رأي المُقيِّم، بغض النظر عن مدى خبرته. وفيما يخص مركز بحوث التنمية الدولية، يعني ذلك أن يتحدث المُقَيِّمون إلى المستخدِمين المعنيين، وإلى أشخاص آخرين يعملون في مجالات مشابِهة، وإلى المجتمعات غير العلمية من المستفيدين، إضافة إلى تقييم المخرَجات البحثية، وطرق القياس ذات الصلة.

خوض الطريق

استخدم مركز بحوث التنمية الدولية أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» للمرة الأولى في عام 2015، حيث أجرى أخصائيون مستقلون تقييمًا لعدد 170 دراسة تنتمي إلى سبعة مجالات بحثية، كان المركز قد وفر لها التمويل في السنوات الخمس السابقة. في كل مجال من هذه المجالات، قيّم ثلاثة أخصائيين المشروعات باستخدام المبادئ الثلاثة الموصوفة أعلاه، مع النظر في البيانات التجريبية لكل دراسة، وهي: تحليل الاستشهادات المرجعية، والمقابلات الشخصية مع أصحاب المصالح، وتقارير المركز بشأن العمل. وحدد المراجعون - بشكل مستقل - البيانات المطلوب جمعها ومقارنتها لكل مشروع، وعقدوا حلقات نقاشية؛ للوصول إلى اتفاق جماعي بشأن التقديرات النهائية لكل مشروع.

شَجّع هذا الإطار (انظر الشكل رقم S2 في «المعلومات التكميلية») على صياغة رأي نقدي مُبرَّر بخصوص كل مشروع. وساعد كذلك على تطبيق حكم منهجي في سياقات وتخصصات ومنهجيات بحثية متنوعة. ففي مقابلات نهاية الخدمة، ومناقشات المتابعة، وصف المراجعون المستقلون التقييمات بأنها تختلف عن أيّ تقييمات سابقة كانوا قد أجروها، وشعروا بالثقة في أن التقييم كان منهجيًّا، وشاملًا، ونزيهًا.

لقد تعلمنا الكثير من هذه العملية بشأن المشروعات التي يدعمها المركز، وكيف يمكننا تحسين الأداء. على سبيل المثال، وجدنا أنه ينبغي علينا أن نعطي الأولوية لنوع الجنس في كل شيء نموّله، بداية من وضع النماذج المناخية، وانتهاءً بتسهيل الوصول إلى العدالة، وألا يقتصر ذلك على المشروعات البحثية التي تستهدف النساء والفتيات تحديدًا. فكما هو منصوص عليه في أحد أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، وهو الهدف الخامس، تُعَد المساواة بين الجنسين عنصرًا أساسيًّا لإطلاق الإمكانات الإنمائية، ولذا، كانت بُعدًا من الأبعاد التي دَرَسها المراجعون.

وجد المراجعون - على سبيل المثال - أن برنامجًا يَستخدِم مجموعات بيانات وطنية لدراسة التداعيات المترتبة على الضرائب، ووضع البيانات على عبوات الأغذية، كان يجب أن يصنِّف البيانات حسب نوع الجنس؛ للوصول إلى نتائج أفضل باستخدام الاستثمار نفسه. وسلط المراجعون الضوء أيضًا على النماذج المثالية، مثل برنامج الزمالة البحثية لأطروحات الدكتوراة الأفريقية، الذي يساعد طلاب الدكتوراة على إتمام رسائلهم العلمية في مؤسساتهم الوطنية؛ مما يتيح الفرصة لاستيعاب عدد أكبر من الإناث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


CLIFF CHENEY/ZUMA WIRE

نساء يتظاهرن ضد التحرش الجنسي في القاهرة في عام 2013.

المتقدمات لشغل الوظائف اللاتي يتحملن قدرًا أكبر من الواجبات الأسرية. ويأخذ البرنامج بعين الاعتبار التوازن بين الجنسين عند اختيار المتقدمين لشغل الوظائف، وكذلك عند مراجعة البحوث المقترحة.

ونتيجة لذلك، بدأ مركز بحوث التنمية الدولية، في تنفيذ نظام جديد للبيانات – إلى جانب نظم أخرى – لتمحيص البيانات وورشات العمل الخاصة بالجنسين، وذلك لكي يتسنى للموظفين مشاركة العمل الجيد، والاطلاع عليه.

مِن واقع تجربتنا، لم تكن التقييمات التقليدية مطلقًا بهذه الصعوبة، لكنها لم تكن أيضًا بهذه الدرجة من التحفيز والنفع.

تحطيم ثلاث خرافات

لاستخلاص دروس أكثر شمولية، تعاوَن مركز بحوث التنمية الدولية مع أخصائي مستقل لإجراء تحليل تجميعي إحصائي، باستخدام بيانات مُعمَّاة (انظر المرجع رقم 9 لاستعراض هذه المسألة). وجَمّعنا النتائج من تقييماتنا السبعة المستقلة، التي تضمنت 170 مكوِّنًا مأخوذًا من 130 مشروعًا بحثيًّا مموَّلًا بشكل منفصل في مجالات العلوم الطبيعية والاجتماعية، تم تنفيذها في أفريقيا، وآسيا، وأمريكا اللاتينية، ومنطقة البحر الكاريبي، والشرق الأوسط[10]. وكشف هذا العمل عن ثلاثة أمور:

البحوث المقتصرة على الجنوب فقط تتسم بجودة عالية. لقد تَبيَّن أن الأبحاث التي تم تنفيذها بالكامل في بلدان النصف الجنوبي من العالَم دقيقة من الناحية العلمية، ومشروعة، ومهمة، ومُعَدة بشكل جيد للاستخدام، حيث أحرز الباحثون في هذه المنطقة نتائج جيدة في كل معيار من هذه المعايير (أعلى، في المتوسط، مما سجلته الأبحاث التي أُجريت في الشمال، والتي أُجريت بشراكة شمالية جنوبية في العينة التي درسناها). وبعبارة أخرى، يبدو أن الأشخاص الأكثر ارتباطًا بمشكلة معينة يكونون في وضع جيد يُمَكِّنهم من تطوير حلّ لهذه المشكلة. (انظر الشكل رقم S3 في «المعلومات التكميلية»).

تتحدى هذه النتيجة المسلمات القائلة إن الباحثين في النصف الشمالي من العالَم يعززون - بشكل تلقائي - من قدرة شركائهم في الجنوب[11]. وثمة الكثير من الأسباب الإيجابية لدعم الشراكات البحثية بين الشمال والجنوب، لكن البيانات تشير إلى ضرورة التفكير بشكل استراتيجي؛ لتحقيق أفضل النتائج.

تعزيز القدرات يقترن بالتميّز. يفترض عدد كبير للغاية من الممولين أن الجهود البحثية التي تتلقى فِرَق العمل فيها تدريبًا وتطويرًا للمهارات تتمخض حتمًا عن بحوث منخفضة الجودة، بيد أن التحليل التجميعي لم يجد أثرًا لمثل هذه العلاقة. بل وجدنا - في الواقع - ارتباطًا إيجابيًّا كبيرًا بين الدقة العلمية، وتعزيز القدرات.

يشير ذلك إلى أنه لا ينبغي تجنب البحوث التي تتطلب تركيزًا على تعزيز القدرات بدافع الرغبة في التميّز، بل يمكن - في الواقع – أن يسير الاثنان مع بعضهما البعض.

يمكن للبحوث أن تكون دقيقة ومفيدة في آن واحد. في عالَم السياسات والممارسات سريع الإيقاع، ينبغي أن تصل النتائج إلى الأشخاص المناسبين في الوقت المناسب، وبطرق قابلة للتطبيق (انظر: «التعاون لوضع طرق للتكيّف مع تغيُّر المناخ في بيرو»). وكثيرًا ما يتناهى إلى مسامعنا وجود تعارض بين تشبُّع العينة، أو استقطاب المشاركين في التجارب، ودورة صنع القرار التي تضم واضعي السياسات، أو الجهات التنفيذية في قطاع الصناعة. ولحسن الحظ، اكتشف التحليل التجميعي وجود ارتباط إيجابي قوي بين مدى دقة الأبحاث، وكيفية تجهيزها للتطبيق.

تدعم هذه النتيجة الحجج المؤيِّدة للاستثمار في النزاهة العلمية، حتى في أكثر البرامج استخدامًا وقابلية للتطبيق العملي.

أربعة مخاوف

تساوِرنا أربعة مخاوف رئيسة بشأن أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة»، وكيف يمكن تنقيحها، وتجهيزها؛ من أجل تطبيقها على نطاق أوسع.

أولًا، نجد أن التحيّز عنصر راسخ في دراستنا. فقد استخدمنا الأداة التي طورناها؛ لدراسة أبحاث كنا قد دعمناها بالفعل. كما وجهت أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» تركيز تقييماتنا البعدية على القيم ذات الأهمية لمؤسستنا. ويدرس المنهج الذي استخدمناه أهدافنا وأولوياتنا، وذلك وفقًا لتعريفاتنا لها. ولذا، قد لا يقبل البعض هذه الأداة، بحجة أنها تجسِّد هذه الأهداف والأولويات.

ثانيًا، ربما يكون لهذه الأداة – شأنها شأن جميع الأدوات الأخرى - أثر مضلل. فعلى سبيل المثال، عندما طلبنا من المراجعين أن يفحصوا النزاهة والمشروعية، وهي مسائل نراها تمثِّل أساسًا لنجاحنا، فإننا صرفنا انتباههم بعيدًا عن عوامل أخرى، مثل الإنتاجية (حجم الأعمال المنشورة والمخرجات)، وفعالية التكلفة.

ثالثًا، ثمة خطورة من أن تصبح نتائج أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» منعزلة، وذلك إذا ما تبين اختلافها عن المقاييس الشائعة لجودة البحوث التي تستخدمها المؤسسات البحثية العالمية. فهل أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» ليست سوى عقبة كؤود أخرى تعترض

◄ طريق الباحثين في النصف الجنوبي من العالَم؟ هذا سؤال ما زلنا نعمل على التوصل إلى إجابة عنه.

رابعًا، تكبدنا أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» المزيد من التكلفة، وتستغرق وقتًا أطول مما لو طلبنا من اثنين أو ثلاثة من الأقران طرح آرائهم. ونحن نظن أنها تتطلب ما يقرب من الضِّعف من الوقت والتكلفة المادية، ويعود ذلك بدرجة كبيرة إلى أنها تتطلب جمْع المُقَيِّمين لبيانات تجريبية. وذلك يمثّل لنا وقتًا ومالًا يُنفَقان في موضعهما الصحيح؛ فالنتائج تساعدنا على صقل النهج الذي نتبعه في التمويل والمشاركة.

لا شك أن هذه المخاوف ستسهم في توجيه جهودنا نحو تحسين أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة»، مثلما ستفعل المدخلات الواردة من الأقران والشركاء.

نحو مزيد من النُّهج المشابهة

ماذا بعد؟ إذا كان من المفترَض أن تصنع التريليونات من الدولارات التي تُستثمَر في البحث العلمي على المستوى العالمي سنويًّا[12] فارقًا، فيجب علينا أن نفعل ما هو أكثر من مجرد التقدير الكَمِّي البدائي للاستشهادات، مثلما أوضح إعلان ليدن[1]، وإعلان سان فرانسيسكو، بشأن تقييم البحوث العلمية[2].

في اعتقادنا أن أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» تطرح حلًّا عمليًّا. وينبغي في الوقت الحالي تكرار النهج الذي اتبعناه في التحليل التجميعي، والنتائج التي توصلنا إليها في سياقات أخرى. ولذا، فنحن الآن في مركز بحوث التنمية الدولية بصدد التخطيط لتقييم آخَر بأثر رجعي في عام 2020. ويثير حماسنا مدى التقدم والتغير الذي ربما يَكشِف عنه هذا التقييم. ونحن بالفعل ننظر حاليًّا في وسائل يمكننا - من خلالها - تطبيق أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة»؛ في اختيار المنح، ومراقبة مدى تقدُّم المشروعات الفردية، والتعبير عن أهدافنا التنظيمية لشركاء التمويل، وطالبي الوظائف.

وبالمثل، فإننا نشجع جهات التمويل ومؤسسات أخرى على تحسين التقييمات التي تجريها بثلاث طرق، هي: دراسة البحوث في سياقاتها، وقبول رؤية متعددة الأبعاد للجودة، واستخدام طريقة منهجية وتجريبية في جمع الأدلة وتقييمها. لقد حان الوقت لكي يُحَوِّل العِلْم أعظم مَواطن قُوّته تجاه نفسه، ألا وهي "التجريب، والتقييم، والنِّقاش، ثم التحسين". ■

جين ليبيل رئيس مركز أبحاث التنمية الدولية في أوتاوا بكندا. ويشغل روبرت ماكلين وظيفة كبير أخصائيي البرامج في المركز ذاته.
البريد الإلكتروني: jlebel@idrc.ca؛ rmclean@idrc.ca

1. Hicks, D., Wouters, P., Waltman, L., de Rijcke, S. & Rafols I. *Nature* **520**, 429–431 (2015).
2. Annual Meeting of the American Society for Cell Biology. *San Francisco Declaration on Research Assessment* (ASCB, 2012).
3. Canadian Institutes of Health Research. *Evaluation of CIHR's Knowledge Translation Funding Program* (CIHR, 2013).
4. Wilsdon, J. *et al. The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management* (Higher Education Funding Council of England, 2015).
5. Holmes, B. *The Rise of the Impact Agenda.* Fuse International Conference on Knowledge Exchange in Public Health, Newcastle, UK (27 April 2016); available at https://go.nature.com/2yujm39
6. Amano, T., González-Varo, J. P. & Sutherland, W. J. *PLoS Biol.* **14**, e2000933 (2016).
7. Amano, T. & Sutherland, W. J. *Proc. R. Soc. B* **280**, 20122649 (2013).
8. Ofir, Z., Schwandt, T., Duggan, C. & McLean, R. *Research Quality Plus (RQ+): A Holistic Approach to Evaluating Research* (IDRC, 2016).
9. Gurevitch, J., Koricheva, J., Nakagawa, S. & Stewart, G. *Nature* **555**, 175–182 (2018).
10. McLean, R. & Sen, K. *Making a Difference in the Real World? A Meta-Analysis of Research for Development* (IDRC, 2018).
11. Bradley, M. in *Putting Knowledge to Work* (ed. Mougeot, L. J. A.) Ch. 2 (Practical Action, 2017).
12. '2017 Global R&D Funding Forecast' *R&D Mag.* (Suppl.) Winter 2017, 3–6 (2017).
13. Instituto Geofisico del Peru. *Eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) en el valle del Mantaro.* Vol. 1 (IGP, 2012).
14. Instituto Geofisico del Peru. *Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro.* Vol. 2 (IGP, 2012).

للإطلاع على المعلومات التكميلية المصاحبة لهذه المقالة؛ انظر الرابط: go.nature.com/2ja2dfr.



JIM RICHARDSON/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE

مزارعون في بامبالاكتا في بيرو يفحصون ثمار البطاطس بعد حصادها.

دراسة حالة

التعاون لوضع طرق للتكيّف مع تغيُّر المناخ في بيرو

يعيش أكثر من 500 ألف شخص في وادي مانتارو، الذي يقع في وسط جمهورية بيرو، حيث تُعَد الزراعة المصدر الرئيس للدخل. ينتج المزارعون الصغار في ذلك الوادي معظم الخضراوات والحبوب التي تُستهلَك في العاصمة ليما، لكنهم يجدون صعوبة كبيرة في التعامل مع التكرار المتزايد لبعض الظروف المناخية، وشِدّتها، مثل حالات الجفاف الشديد، وهطول الأمطار الغزيرة، وموجات الصقيع.

ويقدم المعهد الجيوفيزيائي في بيرو - الذي يقع مقره في ليما - صورة أوضح في الوقت الراهن بشأن كيفية تغيّر المناخ في المنطقة، وذلك باستخدام توليفات جديدة ومبتكرة من القياسات الفيزيائية، ومناهج العمل المشترَك، مثل رسم الخرائط المجتمعية. ويوجِّه هذا البحث حاليًّا السياسة المحلية، وإجراءات التكيف. فقد رَسَم المشروع خرائط للبؤر التي تعرضت لتغيّر المناخ في أنحاء المنطقة، كما عَقَد حلقات نقاشية مع المزارعين وصائدي الأسماك، بشأن الكيفية التي يمكنهم من خلالها تعديل الجداول الزمنية والتقنيات المستخدَمة؛ للتقليل من آثار تغيّر المناخ.

لم يتعجل الفريق في نشر البحث في الدوريات الغربية الكبرى. ويرجع ذلك - بصفة جزئية - إلى عائق اللغة الإنجليزية، لكنه يُعزَى بدرجة أكبر إلى الطابع المُلِحّ للمشكلة، إذ تَطَلَّب الأمر أن تكون المخرَجات البحثية قابلة للفهم والاستخدام بشكل فوري. ولذا، نشر الفريق نتائجه سريعًا في صورة أوراق عمل، وتقارير (جُمِع الكثير منها في كتاب منشور باللغة الإسبانية[13,14]). وأُتيحت هذه الأوراق والتقارير على الفور لأعضاء الحكومة المحلية، الذين طلبوا أدلة لتوجيه رد الفعل. ومن ثم، فإن المقاييس السائدة لا تعبِّر عن قيمة هذا العمل.

لقد سَلَّطت المراجعة باستخدام أداة قياس «الجودة البحثية المتقدمة» ضوء مختلف على هذا المشروع وإنجازاته. فقد حقق المشروع درجة عالية في النزاهة (بما في ذلك المزج المبتكر بين التقنيات؛ لمعرفة المناخ)، وفي الاستناد بشكل مشروع إلى الاحتياجات والمعرفة المحلية، وفي التصدي لمشكلة مُلِحّة، وفي التركيز على الاستيعاب والعمل.
جين ليبيل، وروبرت ماكلين

UNESCO

عمال ينقلون جزءًا من تمثال خلال عملية نقل معابد أبو سمبل في مصر في ستينات القرن الماضي.

علم التراث

نظرة جديدة إلى حروب الثقافات

أندرو روبنسون يستعرض بإعجاب كتابًا يستكشف نجاحات وإخفاقات منظمة اليونسكو .

في عام 1945، وبعد انتهاء الحرب العالمية الثانية بثلاثة أشهر، اجتمع مندوبون من 44 دولة في مؤتمر عُقد في لندن. وفي المؤتمر قال رئيس الوزراء البريطاني كليمنت أتلي إن "شعوب العالم أشبه بجُزر متفرقة، تصرخ في وجه بعضها البعض عبر بحار من سوء الفهم". واقترح المندوبون سبيلًا آخر: وهو إنشاء منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) UNESCO. وقد كانت المنظمة - ومقرها باريس - مُكرسة لحفظ السلام، عبر تَبَنِّيها للتبادل الدولي للأفكار. وكان أول مدير عام لها هو عالِم الأحياء والمفكر الإنساني البريطاني، وهاوي عِلم الآثار، جوليان هوكسلي.

في كتاب «مستقبَل من الأنقاض» *A Future in Ruins*، تأتي عالمة الآثار لين ميسكل بطرح اثنوجرافيّ مؤسسي لليونسكو. تتراوح المهام الواسعة للمنظمة ما بين النشر، وتشجيع النساء في العلوم، لكن ميسكل تركز - بشكل حصري - في كتابها على دور المنظمة في حماية تراث العالم وآثاره، وتحديدًا من خلال اتفاقية التراث العالمي الصادرة في عام 1972.

ولاشك أن هذا الدور كان سياسيًّا بدرجة كبيرة. فقد كانت مهمة اليونسكو "إنهاء النزاع العالمي، والمساعدة في إعادة بناء العالَم ماديًّا ومعنويًّا"، كما تشير ميسكل، لكنها ترى أن جهود المنظمة تنحصر بشكل متزايد في انتشار وإطالة النزاعات والتوترات المحلية.



مستقبَل من الأنقاض: اليونسكو، والتراث العالمي، وحلم السلام
لين ميسكل
مطبعة جامعة أكسفورد (2018)

فلننظر، على سبيل المثال، إلى مواقع التراث العالمي في أنجكور بكمبوديا، وبود جايا في الهند، وكاندي في سريلانكا، وتَدْمُر في سوريا، وتمبكتو في مالي. كان إدراج أنجكور ضمن قائمة مواقع التراث العالمي في عام 1992 مدعومًا من أشخاص منفيين من المتعاطفين مع الإبادة الجماعية التي قام بها نظام الخمير الحمر، آملين في مساندة المطالبات الإقليمية. وبينما تحتشد الدول حول لجنة اليونسكو؛ لنَيْل فرصة الإدراج، يتضح أن المسألة تتعلق بما هو أكبر من أمجاد الماضي فحسب. كما أنها وسيلة لضمان مزايا مستقبلية، أكثرها تجليًّا هو تعزيز السياحة.

إن الطبيعة الصعبة التي يتسم بها هدف المنظمة كانت واضحة منذ البداية. ولم يكن هوكسلي موهومًا بغير ذلك، إذ أشار إلى "استحالة أن تتمكن اليونسكو - كساحر ماهر - من إخراج أرنب السلام السياسي من قبعة الثقافة والعلوم". وفي عام 1948، غادر هوكسلي منصبه بطلب من الوفد الأمريكي، ربما بسبب نزعته اليسارية الإنسانية. وقد تنبأ العالِم الكلاسيكي جيلبرت موراي لاحقًا أن اليونسكو مُقدَّر لها أن تحوي "مزيجًا غريبًا من النجاح والفشل"، حيث كانت لديه وجهة نظر فريدة. خدم موراي من عام 1922 إلى عام 1939 في الكيان السابق للمنظمة وهو "اللجنة الدولية للتعاون الفكري"، التابعة لعصبة الأمم، التي كانت غارقة في النزاعات، وضمت علماء لامعين، مثل ماري كوري، وألبرت أينشتاين، وهندريك لورنتز. وكما خلصت ميسكل في كتابها، بعد مرور سبعة عقود، ما زالت نبوءة موراي تثبت صحتها. ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ومع ذلك.. فإن نجاحات اليونسكو كانت مبهرة. فقد قامت بإنقاذ فينيسا في عام 1966، عندما هددت فيضانات مدمرة تلك المساحات التي تضم الكنوز الثقافية الخاصة بتلك المدينة الإيطالية، والتي قُدرت بستة مليارات دولار أمريكي. وتحت رعاية المنظمة، مَوَّلت اليابان، ووجهت عمليات ترميم معبد بوروبودور البوذي بإندونيسيا. وعلى الأرجح، ما زال نجاحها الأكبر هو حملتها الأوسع صيتًا في النوبة، التي استمرت 20 عامًا. وبانطلاقها في عام 1959، كانت الحملة تهدف إلى إنقاذ مواقع مصرية وسودانية قديمة من الغرق في الفيضانات التي سَبَّبها تشييد السد العالي بأسوان على نهر النيل ما بين عامَي 1960–1970. كرّست ميسكل فصلًا غنيًّا بالمعلومات حول هذا العمل الفذ، إذ تم تفكيك وإعادة نقل حوالي 23 معبدًا، ومقابر، وكنائس مسيحية قديمة، وأماكن صلاة صغيرة. وكان أشهر ما فُكِّك ونُقِل هو معبد الملك رمسيس الأكبر في قرية أبو سمبل، بتكلفة قدرها 70 مليون دولار.

وحتى في ذلك العمل ظهرت مشكلات داخلية خطيرة، فقد رفضت الحكومة البريطانية المشاركة، بسبب أزمة قناة السويس في عام 1956، بعد نزاعها مع مصر حول التحكم في القناة التي تحمل اسم مدينتها. ومع ذلك.. قَدَّمَ العديد من علماء المصريات البريطانيين وعلماء الآثار، مثل مورتيمر ويلر، الدعم للأمر. أما اليونسكو، التي كانت مشغولة بإنقاذ مواقع معروفة، من المؤكد أنّ الفيضانات ستغرقها، لم تفعل سوى القليل للترويج لأبحاث أثرية جديدة. وقد موّلت 40 بعثة أخرى هذا العمل بشكل مستقل، وكانت النتيجة تنسيقًا سيئًا. وفي الوقت نفسه، نُقل النوبيون الذين كانوا يعيشون في مناطق الفيضان بعيدًا عن بيوت أسلافهم، وعن طرقهم التقليدية للعيش.

وفي السنوات التالية، تم إضعاف عمل اليونسكو التراثي بشكل متكرر، عبر ضغوط سياسية من الدول الأعضاء، والتركيز على ترميم المَعالِم التذكارية، بدلًا من الاكتشافات الأثرية، وكذلك نقص مشاركة السكان الأصليين. ومثال على ذلك.. مدينة هامبي في الهند، وهي بقايا فيجاياناجارا عاصمة آخِر الامبراطوريات الكُبرى في الهند، والتي تم إدراجها ضمن مواقع التراث العالمي في عام 1986. وفي عام 2011، قامت الحكومة الهندية - مدعومة بالاستطلاع الأثري للهند - بإزالة البِنَى الحديثة من الموقع، طاردةً السكان، ومانعة اليونسكو من إدارته.

ووجهت ميسكل نقدًا لاذعًا حول تَعارُض هدف اليونسكو لتحاشي الحرب مع مشروعات إحياء المواقع التي ارتبطت بأعمال عنف. وفي عام 1978، أُدرجت جزيرة جوري السنغالية ضمن مواقع التراث العالمي، كعلامة على استغلال الإنسان في التجارة الدولية للرقيق. وفي عام 1979، تم إدراج معسكر الاعتقال النازي السابق في أوشفيتز بيركينو. وفي 1996، تمت إضافة النصب التذكاري للسلام في هيروشيما (وهو البناء الوحيد المتبقي بعد إلقاء القنبلة الذرية في عام 1945). وفي عام 2016، انضمت مدينة آني الأرمنية المهجورة من العصور الوسطى في تركيا إلى مواقع التراث العالمي، رغم مذابح الأرمن، التي امتدت من عام 1915 إلى عام 1922، والتي أنكرت تركيا حدوثها. والآن، تسعى تايلاند لضم اليونسكو لخط السكة الحديد الواصل بين بورما، وسيام (المعروف بخط الموت)، وتروِّج له الدولة بوصفه موقعًا سياحيًّا للحرب العالمية الثانية، رغم أن اليابان هي مَن قامت بإنشائه، مستعينة في ذلك بأعمال السخرة، وسجناء الحرب.

وتشير ميسكل إلى أن هذا الاعتراف الدولي يُقدس نسخة واحدة فقط من التاريخ. وهذا يجعل اليونسكو - كما تقول ميسكل في الكتاب - متواطئة في إعادة طرح سياقات "حلقات الاحتلال غير الشرعي، والأعمال الوحشية، وجرائم الحرب، وحتى عمليات الإبادة، في حين يستعيد الضحايا مشاعر الصدمة ثانيةً. وهذا هو الجانب السلبي من عمليات الترويج للتراث". وإضافة إلى ذلك.. في الوقت الذي انتعشت فيه السياحة، وزادت قيمة علامة التراث العالمي بالنسبة إلى الدول الأعضاء والمواقع المدرَجة، تتقلص ميزانية اليونسكو الإجمالية، البالغة 250 مليون دولار، بشكل متزايد. وفي الغالب، سوف تنهار أكثر، إذا ما سحبت الولايات المتحدة عضويتها للمرة الثانية في نهاية العام الحالي (2018). وكل ذلك يقوّض قدرات الوكالة في حفظ وإدارة المواقع، وكذلك مهمّتها التعليمية والعلمية.

وبشكل متزايد.. تتكون القوى العاملة لدى اليونسكو من متطوعين. وفي عام 2017، قام حوالي 600 متدرب حول العالم ممن لا يتقاضون أجرًا بالتجمهر حول مقرها الرئيس، وسط مستشارين، وطاقم عمل مُخفَّض، يُعهد للفرد منه القيام بوظيفتين، أو ثلاث. إنه انحدار يبعث على الحزن، بسبب تطلعات لحظة ما بعد الحرب تلك في عام 1945. ومع النبرة العدوانية المتصاعدة للدبلوماسية العالمية، تزداد أيضًا حدة القلق. ■

أندرو روبنسون مؤلف لسبعة كتب في علم الآثار، منها كتابا «فك الشفرة المصرية» *Cracking the Egyptian Code*، و«حضارات السِّنْد البائدة» *The Indus: Lost Civilizations*.
البريد الإلكتروني: andrew@andrew-robinson.org


UNESCO

رهبان بوذيون في معبد أنجكور وات في كمبوديا، المُدْرَج ضمن مواقع التراث العالمي منذ عام 1992.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

MIKE PFLANZ/UNHCR



عالِمة الأحياء الجزيئية رنا دَجاني خلال ورشة عمل أُقيمت في عام 2015 عن تعليم اللاجئين.

مجتمع

الانتصارات الحقيقية للنساء في مجال العلوم

ملاك عابد الثقفي تُشِيد بمذكرات عالِمة أحياء أردنية رائدة في مجال حقوق المرأة.

هل يمكن أن يُحدِث إنجازٌ مُبهِر في أبحاث الخلايا الجذعية ثورة في الحركة النسوية؟ وهل يمكن أن تُطَبِّق عالِمةٌ ما المنهج العلمي على حياتها الخاصة؛ لتجد حلولًا لمشكلات اجتماعية؟ في كتاب بعنوان «خمسة أوشحة» *Five Scarves*، تَكشِف لنا عالِمة الأحياء الجزيئية الأردنية رنا دَجاني - بشغف وقوة حُجّة - كيف استكشفت هذه الإمكانيات. وتتحدث عن قدرة البشر على التغلب على التحديات، لا سيما فيما يتعلق بالارتقاء بمعاملة النساء والأطفال.

جزء من الكتاب عبارة عن دعوة إلى العمل، وفي جزء آخر مذكرات بحثية، وفي جزء ثالث سيرة ذاتية. والأوشحة الخمسة هي "القبعات" المختلفة التي ترتديها دَجاني، بوصفها عالِمة، وأمًّا، ومعلمة، ورائدة أعمال اجتماعية، وناشطة نسوية رائدة. ولطالما كتبَت وتحدثت دَجاني عن المعوقات التي تواجه النساء في الأوساط الأكاديمية، وكيف أن هذه المعوقات تتباين باختلاف التخصص والثقافة. وحسبما جاء على لسانها، فإن النساء في أنحاء منطقة الشرق الأوسط يُشَكِّلن أقل من 40% من الباحثين في مجالات العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والطب، بينما تبلغ نسبتهن في الولايات المتحدة 24% فقط، لا غير. وإضافة إلى ذلك.. تصرّ دَجاني - انطلاقًا من تأييدها للدور المحوري للمرأة في الأسرة - على تغيير طرق التفكير؛ بحيث لا تضطر النساء - حسبما تؤكد دَجاني في جولاتها في جميع أنحاء العالم - إلى الاختيار ما بين العمل والأسرة. ونظرًا إلى ممارستي العمل في الولايات المتحدة الأمريكية، والمملكة العربية السعودية، تَلَقَّى هذه الأفكار صدى بداخلي.

خمسة أوشحة: تحقيق المستحيل — إذا كان بوسعنا تغيير مصير الخلية، فلِمَ يتعذّر علينا إعادة تعريف النجاح؟
رنا دَجاني
دار نشر نوفا (2018)

تقول دَجاني في كتابها - واصفةً طفولتها ومراهقتها في السبعينات في الأردن، والولايات المتحدة - إنها تعلمت على أيدي نساء قويّات تَحَمُّل مسؤولية رفاهية المجتمع. فقد عَلَّمَتها أمُّها أن المرء في الإسلام يُجازَى بنواياه، وأن كل جهد يبذله ذو قيمة، حتى وإنْ بدا غير مهم. ولمّا كان والداها من أصول سورية وفلسطينية، فقد أمست متحدثة شغفة صادعة بحقوق المرأة والأسرة، لا سيما في المجتمعات الأكثر تأثرًا بصراعات قوى لا حيلة لها فيها. وشدّدت دَجاني - على سبيل المثال - على أهمية التعليم؛ كي يتوقف تعرُّض المُستضعَفين - خاصةً الأطفال - لسوء المعاملة، أو الاستغلال. وقدّمَت قراءاتها الواسعة لمحات عن أسفار إلى بقاع نائية، وفرص أخرى.

تزوّجت دَجاني في أوائل التسعينات، وشرعت في تكوين أسرة وهي لا تزال في مرحلة التعليم، فمنحتها الأمومة إصرارًا على أن ترتدي العديد من الأوشحة بكل فخر واعتزاز. وتقول دَجاني إنّ تجربتَي الحمل والإنجاب كشفتا لها عن عمق بيولوجيا الإنسان. وقد انتقلت مع أسرتها الصغيرة إلى مدينة آيوا في عام 2000؛ كي تدرس لنيل درجة الدكتوراة من جامعة آيوا. وقد تخلَّى زوجها عن عمله من أجل هذا الانتقال. وتَستبشِر دَجاني برؤية المزيد من الرجال يدعمون زوجاتهم على هذا النحو. فإبعاد الفرضيات والأدوار العنصرية عن الحياة الأسرية جزء من إعادة تعريف دَجاني للنجاح.

وتنتقد دَجاني بعض أشكال الدعم المزعوم للمرأة في الولايات المتحدة. فثمة مجموعة

من شركات التكنولوجيا العملاقة تعرض على الموظفات لديها تجميد بويضاتهن؛ لتأجيل إنجابهن، لكنّ هذه التقنية ليست مضمونة؛ إذ كشفت دراسة أجرتها هيئة الإخصاب البشري وعلم الأجنة في المملكة المتحدة في عام 2016 عن أن 19% فقط من دورات زراعة الأجنة باستخدام بويضات مُجمَّدة تبوء بالنجاح. وترى دَجاني أن إجازات الأمومة ورعاية الأطفال مدفوعة الأجر أكثر إنصافًا، ونفعًا، وتوفيرًا. والولايات المتحدة الأمريكية هي الدولة الصناعية الوحيدة التي لا تعترف رسميًّا بإجازة الوضع مدفوعة الأجر.

في عام 2005، عادت دَجاني وأسرتها إلى الأردن. وفي الجامعة الهاشمية في عَمَّان، أجرت أبحاثًا على الجوانب الوراثية للجماعات العرقية شركسية وشيشانية الأصل في الأردن، وبدأت تتعاون مع علماء على مستوى العالم؛ لدراسة السلالات البشرية القديمة، على سبيل المثال. وفي عام 2008، شكّلت دَجاني - بإلهام من الإنجازات المبهرة التي يشهدها مجال الخلايا الجذعية - لجنةً تختص بالجوانب السياسية والأخلاقية للأبحاث في هذا المضمار. وأدّت هذه اللجنة إلى وضع قانون أبحاث الخلايا الجذعية والعلاج بها في الأردن، الذي شجع العمل في هذا المجال، لكنه نظمه في الوقت عينه، وأزال عنه السمة التجارية في سابقة هي الأولى من نوعها في المنطقة.

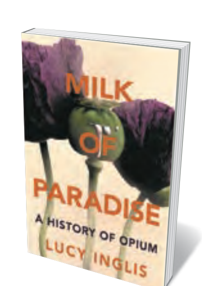
ومنذ عام 2015، شاركت دَجاني في دراسات ساعدت المشاركين فيها على أن يكونوا جزءًا من نجاحهم الخاص. ومن بين هذه الدراسات التي قادتها دَجاني في الأردن: دراسة استهلتها عالِمة الأنثروبولوجيا الطبية كاثرين بانتر-بريك؛ بغية قياس أثر أحد البرامج المعنية بالحدّ من الصدمات لدى صغار اللاجئين السوريين. وتَمثّل أحد إسهامات دَجاني في هذه الدراسة في تفسير العلاقة بين الإجهاد، ومستويات هرمون الكورتيزول في الشعر. والأهم من ذلك.. أنها وفريق عملها حرصوا أيضًا على المشاركة الفعالة للشباب، من خلال السماح لهم بجمْع بياناتهم الخاصة، ومساعدتهم على البحث عن أساليب جديدة.

وفي سياق تعامُل دَجاني مع التحديات الاجتماعية، مثل الفقر، والأمية، بوصفها تجربة علمية، أطلقت مشروع «نحن نحب القراءة» في الأردن، مفترِضةً أن إثارة حماس الأطفال لقراءة الكتب من شأنه إحداث تغيّر اجتماعي يتجاوز مجتمعاتهم. وفي خلال 12 عامًا، وزَّع البرنامج 250 ألف كتاب، وأقام 1500 مكتبة في الأحياء. وفي طيات هذه المذكرات ما هو أكثر من ذلك بكثير، بدءًا من جهود دَجاني في إنشاء شبكات إرشاد للعالِمات في منطقة الشرق الأوسط، وصولًا إلى نهجها الجريء والمبتكر في مجال التدريس.

هذا.. وتتساءل دَجاني قائلة: "إذا كان بوسع الجزيئات أن تتواصل بفعالية، فلِمَ لا يمكننا نحن ذلك؟" ■

ملاك عابد الثقفي عالِمة، وطبيبة، ورئيسة أبحاث الجينوم في مدينة الملك فهد الطبية، وأستاذة أبحاث مساعدة في علم الوراثة الجزيئي والأمراض العصبية في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية في الرياض بالمملكة العربية السعودية.
البريد الإلكتروني: malthagafi@kacst.edu.sa

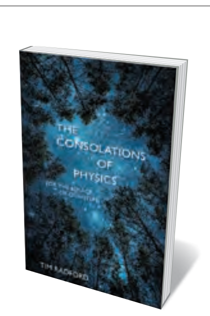
ملخصات كتب



لبن الفردوس

لوسي إنجليس، دار نشر ماكميلان (2018)

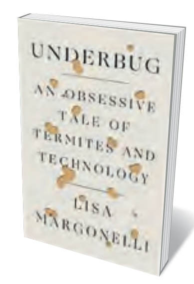
لقد أشعلَ الأفيون أتون حروب شعواء، وأدمنه الملايين، وأحدث ثورة في عالم الطب. وحسب ما تكشفه لنا مؤرخة الثقافات لوسي إنجليس في سردها الزمني للأحداث المُتقن، استُخدم الأفيون (عُصارة نبات الخشخاش *Papaver somniferum*) - وأُسيء استغلاله - لآلاف السنين كعقار مهدِّئ ومخدِّر؛ للترويح عن النفس، وذلك منذ أن شقَّ طريقه من بلاد الرافدين القديمة إلى آسيا، ومنها إلى بريطانيا في العصر الفكتوري. وقد أحدث ظهور المورفين والهيروين في القرن التاسع عشر طفرات في المستحضرات الدوائية، وفَتَح الباب أمام التجارة غير الشرعية، والنزاعات، وأزمة تعاطي أشباه الأفيون في الولايات المتحدة. وعلى حد قول إنجليس: "علينا ألا ننسى قط أن هذه معركة نتقاتل فيها مع أنفسنا فحسب".



مواساة من الفيزياء

تيم رادفورد، دار نشر سيبتر (2018)

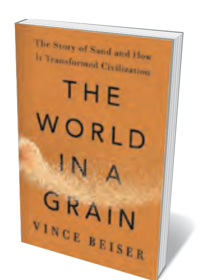
يدور هذا الكتاب – الذي يُعتبر "رسالة حُب موجَّهة إلى الفيزياء"، صاغها الكاتب العلمي تيم رادفورد بجمالٍ مبهرٍ – حول بعثة (فوياجر) Voyager، التي انطلقت في عام 1977؛ لدراسة الجزء الخارجي من المجموعة الشمسية، وتتجه الآن نحو حافة الغلاف الشمسي، وما وراء هذه الحافة. ورادفورد، الذي أسهم مرارًا وتكرارًا في محتوى هذا القسم، يجد عزاءه في بعثة فوياجر، كونها مجهودًا تآزريًّا ضخمًا في عالَم تعصف به الحروب في أغلب الأحيان. والأسلوب السردي البارع لرادفورد ينسج اكتشافات معينة، مثل بوزون هيجز، وحقل هابل العميق، وموجات الجاذبية مع قصيدة «الكوميديا الإلهية» الملحمية، التي كتبها دانتي أليجييري في القرن الرابع عشر، وتنبأت بقوانين الحركة التي اكتشفها جاليليو جاليلي بعدها بحوالي ثلاثمئة عام.



الحشرة السفلية

ليسا مارجونيللي، دار نشر فارار وشتراوس وجيرو (2018)

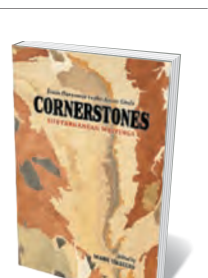
النمل الأبيض لا يمثل فحسب تلك القوة التدميرية التي يعرفها أصحاب البيوت، ويمقتونها؛ وليسوا مجرد "مهندسين للمساحات المهدومة" - على حد التعبير البارع لكاتبة البيئة ليسا مارجونيللي - فهذا النوع من الحشرات يقدم عرضًا حشريًّا مزدحمًا بالأحداث المتزامنة. وهذا الموجز الذي يضم عددًا من الأبحاث عن الحشرات الاجتماعية العليا هو تَذْكَرة دخولك لمشاهدة هذا العرض. تعجُّ أحشاء تلك الحشرات بالإنزيمات المحللة للخشب، التي بوسعها إحداث ثورة فيما يتعلق بالوقود الحيوي. وتكشف البيئة الداخلية المعقدة للتلال التي تبنيها عن سلوكيات جماعية مذهلة، كما أنها تؤسِّس لأنظمة إيكولوجية عبر تنشيط التربة وتجديدها. في هذا الكتاب تأخذنا الكاتبة في رحلة مثيرة عبر عالَم مجهريٍّ خفي، يمتد من أستراليا، حتى ناميبيا.



العالَم في حَبَّة رمل

ڤينس بايسر، دار نشر ريفرهيد (2018)

إنَّ عالمنا مُشيَّد من الرمال؛ فالرمال تدخل في صناعة كل شيء، بدايةً من شرائح السليكون، حتى الخرسانة. وفي الوقت الحاضر، يستهلك قطاع الإنشاءات على مستوى العالم كميات من الرمال، تُقدَّر قيمتها بحوالي 130 مليار دولار أمريكي سنويًّا، وهي كميات هائلة، لدرجة أن هذا المورد الطبيعي الموجود في كل مكان قد بدأ في النفاد. توضح الدراسة المذهلة - التي أجراها الصحفي ڤينس بايسر - العِلْم المرتبط بالرمال، والدور المهول الذي تلعبه الرمال في قطاع الصناعات الثقيلة، وقطاع التقنيات المتطورة. ولعل أبرز ما جاء في كتاب بايسر هو عرضه لتفاصيل عملية التنقيب عن الرمال، التي يترتب عليها محو جُزُر برُمّتها، وتدمير الشعاب المرجانية والتنوع البيولوجي البحري، وكذلك تهديد سبل العيش. وبذلك، يُعَدّ هذا العمل عدسة مُكبرة قوية يسلطها الكاتب على أزمة بيئية لا تحظَى بتغطية وافية.



أحجار الزاوية

مارك سمولي (محرر)، دار نشر ليتل تولر (2018)

هذه المجموعة المثيرة، المؤلفة من 22 مقالة عن طبقة الغلاف الصخري للكرة الأرضية، تمزج ما بين الجيولوجيا، وتفاعلاتنا الثقافية مع الأحجار؛ بدايةً من الأدوات المصنوعة من حجر الصوَّان، مرورًا بأحجار المغليث الضخمة، ووصولًا إلى الكاتدرائيات القوطية. جمَّع المحرر مارك سمولي كوكبة من المُساهمين البارزين؛ فها هي الروائية سارة موس تتأمل في صخرة بركانية صلبة واقعة تحت سور هادريان في نورثمبريا بالمملكة المتحدة، والكاتب البيئي چيسون مارك يمعن النظر في مرتفعات القطب الشمالي بارعة الجمال، والمُعَرَّضة للخطر، بسبب أعمال التنقيب عن النفط. أما الشاعرة فيونا هاميلتون، فترى أن قوالب القرميد هي بمثابة زمن، وطاقة كُبسا. يذكّرنا سمولي بأن الصخر هو مادة ومجاز في آنٍ واحد، يساعدنا على تلمُّس طريقنا "نحو اللا ملموس". **باربرا كايزر**

أبحـــاث

علم الفلك

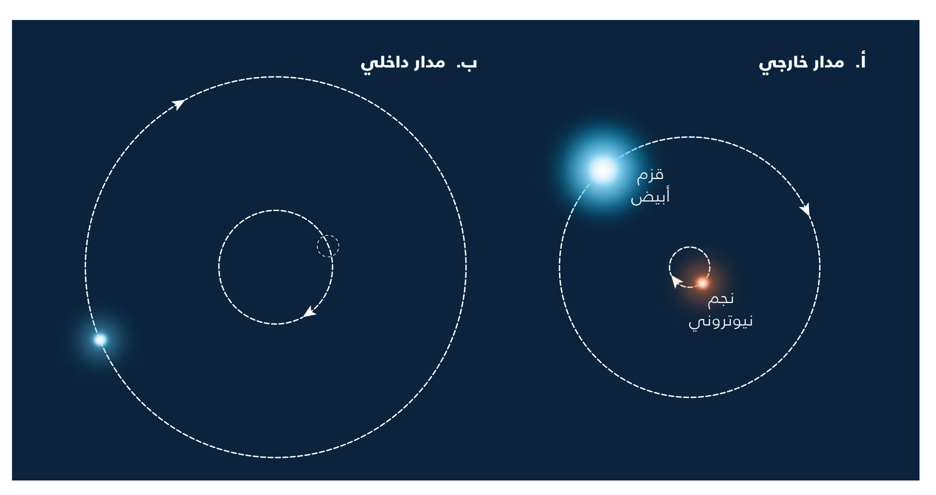
النسبية العامة تجتاز اختبارًا آخر

تقوم نظرية أينشتاين للجاذبية، نظرية النسبية العامة، على مبدأ أن جميع الأجسام تتسارع على نحو متطابق في مجال جاذبية خارجي. ويطرح نظامٌ نجمي ثلاثي اختبارًا صارمًا لهذا المبدأ.

كليفورد إم. ويل

مِن المعتقَد أن الأجسام جميعها الموجودة في مجال جاذبية معين تسقط بالتسارع نفسه. وهذه الفكرة، التي تُعرَف بمبدأ التكافؤ، تُعَد أساسًا لفَهْمنا لفيزياء الجاذبية. وقد روّج لهذه الفكرة مفكرون عدة، بدءًا من عالِم القرن السادس جون فيلوبونوس، وصولًا إلى جاليليو. وهذه الفكرة هي المبدأ الذي قامت عليه نظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين، وثبتت صحتها في التجربة الشهيرة التي أسقط فيها ديفيد سكوت، أحد رواد فضاء رحلات برنامج "أبوللو"، مطرقة وريشة على القمر، ورآهما يصطدمان بسطح القمر في الوقت نفسه. على مدار عقود، تَحقَّق الباحثون التجريبيون من صحة مبدأ التكافؤ باستخدام أدوات شديدة الحساسية. ومؤخرًا، أعلن أرتشيبالد وآخرون[1] عن نتائج اختبار مميز لمبدأ التكافؤ، كانت فيه الأجسام الساقطة بقايا نجمين، أحدهما نجم نيوتروني، والآخر قزم أبيض.

يُعرَف النجم النيوتروني الدوّار - الذي تنبعث منه حزمة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية - باسم النجم النابض. ويبدو هذا الانبعاث نابضًا، لأنه لا يمكن رؤيته إلا عندما تكون حزمة الإشعاعات موجهة نحو الأرض. والنبضات المنبعثة منتظمة للغاية، لدرجة أن الاختلافات في مدتها الزمنية المرصودة يمكن أن تُفسَّر بسهولة على أنها ناجمة عن تأثير الشدّ التجاذبي لجرم فلكي آخر على النجم النابض. وقد استُخدِمت هذه الاختلافات لاكتشاف أكثر من 220 نظامًا نجميًّا ثنائيًّا يحتوي على نجم نيوتروني، وعدد قليل من النجوم النابضة التي لها كواكب مرتبطة بها (go.nature.com/2mslfj4).



شكل 1| نظام نجمي ثلاثي. في عام 2014، أعلن الفلكيون عن نظام يحتوي على بقايا ثلاثة نجوم، أحدها نجم نيوتروني، والآخران قزمان أبيضان[2]. (أ) يوجد النجم النيوتروني في مدار قريب، طول دورته 1.6 يوم مع أحد القزمين الأبيضين. (ب) يحتل هذا الزوج من الأجرام نفسه مدارًا، طول دورته 327 يومًا حول القزم الأبيض الآخر. وأعلنت أرتشيبالد وآخرون[1] أنه ما مِن دليل على وجود تشوه في المدار الداخلي، وهو الأمر المتوقَّع، إذا كان هناك اختلاف بين تسارعي النجم النيوتروني، والقزم الأبيض الداخلي نحو القزم الأبيض الخارجي. وتدعم هذه النتائج نظرية أينشتاين للجاذبية، وهي "نظرية النسبية العامة".

في عام 2014، أعلن الفلكيون عن اكتشاف نجم نابض، استثنائيًّا، لأن له رفيقين نجميين[2] (الشكل 1). والنجم النيوتروني، الذي يزن 1.4 كتلة شمسية، يحتل مدارًا قريبًا، طول دورته 1.6 يوم مع قزم أبيض يزن 0.2 كتلة شمسية. وهذا الزوج من الأجرام يحتل بدوره مدارًا، طول دورته 327 يومًا مع قزم أبيض يزن 0.4 كتلة شمسية. والمداران الداخلي والخارجي دائريان تقريبًا، ويوجدان في المستوى نفسه بالضبط تقريبًا.

وإذا كان النجم النيوتروني والقزم الأبيض الداخلي يسقطان بتسارعات مختلفة نحو القزم الأبيض الخارجي، فمِن المفترض أن يوجد تشوّه بسيط في المدار الداخلي. وقد أعلنت أرتشيبالد وزملاؤها عن تحليل لبيانات جُمِعت على مدار ست سنوات، تُظهِر عدم وجود أي دليل على هذا التشوّه. فتسارعات هذين الجرمين تختلف بما لا يزيد على 2.6 جزء من المليون، ما يتوافق مع مبدأ التكافؤ.

وللاختبارات التي أُجريت على هذا المبدأ تاريخ طويل. ففي أواخر القرن التاسع عشر، كرّس الفيزيائي المَجَري رولاند فون إيوتفوس سنوات للتحقق من أن تسارعات مواد معملية عديدة في مجال جاذبية الأرض تختلف بأقل من بضعة أجزاء من المليار[3]. أما خليفته في العصر الحديث، المتمثل في مجموعة (إيوت-واش)[4]، الكائنة في سياتل بواشنطن، فقد زحزحت هذا الفارق إلى أجزاء من 10^{13}. وفي عام 2017، غيرت البيانات المستقاة من بعثة الفضاء الفرنسية (مايكروسكوب)[5] الأمر برمته ليصبح الفارق بمعامل عشرة أخرى.

وبالنظر إلى أن الجسم القياسي في مختبرات الفيزياء يحتوي على حشد من الجسيمات الأولية، والمجالات، وأنواع الطاقة المرتبطة بها، فإن التشابه الشديد بين ردود فعل المواد المختلفة تجاه الجاذبية هو أمر استثنائي للغاية. وفي خيال أينشتاين المتفرد، كان ثمة سبب وراء ذلك، وهو أن الجاذبية ليست قوة تؤثر على كل هذه الجسيمات على نحو فائق الدقة، لكنها ببساطة تأثير ناتج عن هندسة الزمان والمكان. وتتبع مكونات المادة مسارات عامة في زمان-مكان ينحني بفعل أجسام ضخمة، مثل الأرض، أو الشمس.

ولكن، هل تتصرف طاقة الجاذبية على نحو مماثل للمادة؟ إن الأجسام الصغيرة المستخدَمة في التجارب المعملية لا تحتوي على طاقة جاذبية كافية للإجابة عن هذا السؤال، على عكس الكواكب والنجوم. وعند أخْذ الجاذبية الذاتية في الاعتبار، يأتي دور مفهوم يُسمَّى "مبدأ التكافؤ القوي". وهذا المبدأ يجعل نظرية النسبية العامة متفردة عن النظريات المنافِسة لها. ففي نظرية أينشتاين، تسقط كل الأجسام – من المطارق، والريش، إلى كواكب، والنجوم النيوترونية، والأقزام البيضاء، بل والثقوب السوداء أيضًا - بالتسارع نفسه، لكن في أغلب النظريات البديلة للجاذبية، مثل نظريات المجالات العددية - الموّترة[6]، يُنتهَك مبدأ التكافؤ في حالة الأجسام ذات الجاذبية الذاتية.

على مدار نحو 50 عامًا، قاس الباحثون المدة الزمنية

التي تستغرقها نبضات الليزر لتقطع الرحلة الكاملة من الأرض إلى القمر، وتعود منها، وهي تقنية تُعرَف بقياس المسافات القمرية باستخدام الليزر. وتحليل هذه البيانات[8،7] أكد صحة مبدأ التكافؤ القوي، عن طريق إثبات أن اختلاف تسارُع الجرمين نحو الشمس لا يزيد على بضعة أجزاء من 10^{13}. ولأن حوالي 5 أجزاء من 10^{10} من كتلة الأرض تُمثِّل طاقة جاذبية[9]، فإن هذه النتيجة تعني ضمنيًّا أن تسارع طاقة الجاذبية والمادة يختلف بأقل من بضعة أجزاء من 10^{4}.

لقد بلغت دراسة أرتشيبالد وزملائها أفقًا علميًّا جديدًا في هذا الشأن؛ لأن طاقة الجاذبية داخل النجم النيوتروني يمكن أن تُمثّل نسبة تصل إلى 20% من كتلته[10]. وبالتالي، فإن نتائج مؤلفي البحث تشير إلى أن تسارُع طاقة الجاذبية والمادة يختلف بما لا يزيد على بضعة أجزاء من 10^{5}، وهو ما يُعَد تحسنًا بمقدار عشرة أضعاف عن النتيجة التي توصلت إليها تقنية قياس المسافات القمرية باستخدام الليزر.

والأهم من ذلك، هو أن مؤلفي البحث قد قدّموا بذلك ما يُعرَف باختبار المجال القوي للنسبية العامة. فعلى عكس المجموعة الشمسية، التي تنبأت لها نظرية أينشتاين بحيود بسيط فقط عن نظرية نيوتن للجاذبية، فإن حركة النجم النيوتروني في مجال جاذبية تستدعي النسبية العامة كاملةً بكل عظمتها المركبة. ولذا، فإن نظرية أينشتاين تجتاز اختبار المجال القوي هذا بنجاح.

ولأن النسبية العامة تتنبأ بانعدام التأثير، فإن نتيجة هذا الاختبار تكون إما النجاح، أو الفشل. وفيما يخص النظريات البديلة، فإنّ استدعاء تأثيرات جاذبية قوية يُعقِّد تفسير النتائج تعقيدًا كبيرًا. وتوضح أرتشيبالد وزملاؤها هذا التعقيد باستخدام نظريات المجالات العددية - الموّترة كمثال. ففي هذه النظريات، يَعتمِد تفسير النتائج على التكوين الداخلي المفترض للنجم النيوتروني، وعلى القيم المختارة لما يُعرَف بثوابت الاقتران. ويوضح مؤلفو البحث أن نتائجهم تُحسِّن من القيود التي كانت موجودة في السابق على العوامل التي تتحكم في هذه النظريات، والتي ينشأ بعضها من قياسات المجموعة الشمسية، وبعضها الآخر من بيانات مستقلة من أنظمة نجمية ثنائية تحتوي على نجم نابض. وعلى الرغم من أن هذه النظريات لم تُدحض كليةً، فإن الآمال المعقودة على إثبات صحتها صارت أصغر بكثير. ■

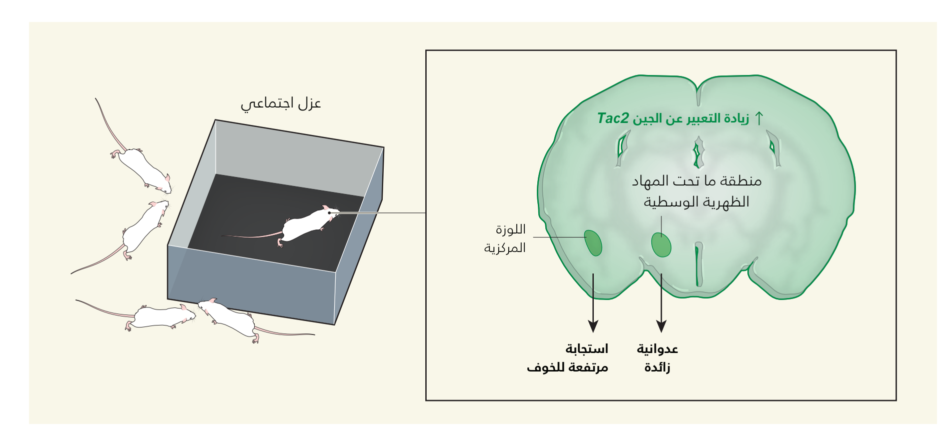
كليفورد إم. ويل يعمل في قسم الفيزياء بجامعة فلوريدا، جينزفيل، فلوريدا 32611، الولايات المتحدة الأمريكية
البريد الإلكتروني: cmw@phys.ufl.edu

2. Ransom, S. M. *et al. Nature* **505**, 520–524 (2014).
3. Eötvös, R. V., Pekár, D. & Fekete, E. *Ann. Phys. (Leipz.)* **373**, 11–66 (1922).
4. Wagner, T. A., Schlamminger, S., Gundlach, J. H. & Adelberger, E. G. *Class. Quantum Grav.* **29**, 184002 (2012).
5. Touboul, P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **119**, 231101 (2017).
6. Brans, C. & Dicke, R. H. *Phys. Rev.* **124**, 925–935 (1961).
7. Williams, J. G., Turyshev, S. G. & Boggs, D. H. *Int. J. Mod. Phys. D* **18**, 1129–1175 (2009).
8. Hofmann, F., Müller, J. & Biskupek, L. *Astron. Astrophys.* **522**, L5 (2010).
9. Will, C. M. *Theory and Experiment in Gravitational Physics, Revised Edition* 174 (Cambridge Univ. Press, 1993).
10. Shapiro, S. L. & Teukolsky, S. A. *Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars: The Physics of Compact Objects* 241 (Wiley, 1986).

علم الأعصاب

الأثر الجزيئي للعُزْلة الاجتماعية

يتسبب العزل الاجتماعي المُطَوَّل في ظهور تأثيراتٍ مُنْهِكة في الثدييات الاجتماعية، مثل البشر. وتُبيِّن دراسةٌ أُجرِيَتْ على الفئران أن الجين *Tac2* يزداد التعبير عنه في جميعِ أجزاء أدمغة الحيوانات المعزولة اجتماعيًّا، ما يُحْدِث تغيراتٍ سلوكية هائلة.



الشكل 1 | يساعد الجين *Tac2* على ظهور التأثيرات المختلفة للعزل في الفئران. فحصَت زيليكوفسكي وزملاؤها[3] كيف تأثرت أدمغة وسلوكيات ذكور الفئران، نتيجة عزلها لمدة أسبوعين. ووجدوا أن التعبير عن الجين *Tac2* يزداد في كل مناطق الدماغ، وأن ارتفاع التعبير عنه في مناطق محددة – بما في ذلك اللوزة المركزية، ومنطقة ما تحت المهاد الظهرية الوسطية – أدّى إلى تغَيُّراتٍ نوعية في السلوك الاجتماعي للحيوانات، وفي استجابتها للمثيرات المختلفة المُسَبِّبة للضغط.

نوجا زلخا، وتالي كِمشي

يُقال إنّ حتى أعتى المساجين يخشون الحبس الانفرادي. ويتزايد الإدراك حاليًّا حول العالم بأننا نواجه حالةً وبائية من مشاعر الوحدة. ويمكن للعزل الاجتماعي المطوّل، والوحدة أن يؤديا إلى كثير من المشكلات الفسيولوجية والعصبية النفسية الشديدة، بما في ذلك الاكتئاب، وأمراض القلب، وكذلك ارتفاع معدلات الوفيات[1]. ففي الولايات المتحدة، يعاني أكثر من 50% من الأشخاص فوق سن الستين من الوحدة[2]، كما عَيَّنَت المملكةُ المتحدة وزيرةً في الحكومة، للتعامل مع قضية الوحدة. هذا.. ولكنّ الآليات البيولوجية التي تؤدي إلى ظهور تأثيرات العَزل الاجتماعي ليست مفهومة على نحو جيد. وفي بحثٍ نُشر بدورية "سِل" *Cell*، كَشفَت زيليكوفسكي وزملاؤها[3] عن آلية تأشير تعمل في عدة مناطق من الدماغ في الفئران، لإحداث بعض التأثيرات الضارة الناجمة عن الضغط الذي يسببه العزل الاجتماعي المستمر.

فَحَص الباحثون تأثيراتِ العزل الاجتماعي، الذي امتد إلى أسبوعين على أدمغة وسلوك ذكور الفئران (ما يعادل أكثرَ من سنةٍ للإنسان في ظروف مماثلة[4]). في البداية، استخدم الباحثون مجموعةً من الاختبارات السلوكية، ليقارنوا بين الفئران التي تعرضت للعزل، والفئران المحكمة التي وُضعت في مجموعات، وكشفت هذه الاختبارات عن تأثيرات واسعة النطاق. وبالمقارنة بالحيوانات المحكمة، أظهرت الفئرانُ المعزولة نزعة عدوانيةً أكبر، وحساسيةً مفرطة تجاه مجموعةٍ متنوعة من المثيرات الضاغطة. فعلى سبيل المثال.. اتسم سلوك الفئران التي عُزِلت اجتماعيًّا بقدرٍ أكبر من العدوانية تجاه فأرٍ غريب وُضِع في القفص. وفي اختبار آخر، عَرَّض الباحثون الفئران لدائرة مظلمة تحوم فوقها، ما يحاكي مفترسًا يقترب منها. واستجابةً لهذا الخطر؛ تَسَمَّرَت الفئران المحكمة في مكانها، لكنها بدأت تتحرك بشكلٍ عادي بعد زوال العامل المسبِّب للضغط، بينما الفئران التي كانت قد عُزلت ظلت متسمرة في مكانها مدة طويلة بعد زوال هذا الخطر الظاهر.

وبعد ذلك.. فحصت زيليكوفسكي وزملاؤها الآلياتِ الدماغية التي أدت إلى هذا السلوك. كانت مجموعة الباحثين نفسها قد حددت في دراسة سابقة أجْرتها على ذباب الفاكهة أن الجين *Tac* هو جينٌ أساسي لتنظيم النزعة العدوانية التي يحفزها العزل الاجتماعي[5]. ولَدَى القوارض نسختان من الجين *Tac*، يتم التعبير عنهما في أماكن مختلفة من الدماغ، منها تلك المناطق ذاتَ الصلة بالسلوك الاجتماعي، والقلق النفسي، والعواطف. وباستخدام عدة طرق مستقلة، رصدت زيليكوفسكي وزملاؤها مؤخرًا زيادةً ضخمة في التعبير عن الجين *Tac2* في جميع مناطق الدماغ، عقب العزل الاجتماعي.

يُشَفِّر الجين *Tac2* لإنتاج بروتينٍ يسمَّى «نيوروكينين بي» neurokinin B، أو NkB (اختصارًا)، وهو يرتبط تحديدًا بالمستقبِل Nk3R. وأجرى الباحثون سلسلةً من التجارب؛ لتغيير تأشير البروتين NkB في المخ. في البداية، ثَبَّطُوا - بشكل مُنظَّمٍ - تأشير البروتين NkB في ذكور الفئران المعزولة، وذلك باستخدام عقار يسمَّى «أوسانيتانت» osanetant، الذي يُثَبِّط نشاطَ المستقبِل Nk3R. وأدى إعطاء الفئرانِ هذا العقار، سواء خلال فترة العزل الاجتماعي، أم قبل عشرين دقيقة من بدء الاختبار السلوكي، إلى التقليل من آثار العزل الاجتماعي على السلوك بشكل كبير. وبعد ذلك.. قام الباحثون بزيادة التعبير عن الجين *Tac2* في حيوانات موضوعة في مجموعات، بالتزامن مع تنشيط الخلايا العصبيةَ المعبِّرة عن الجين لديها، باستخدام فيروساتٍ صُمِّمَت خصيصًا وحُقِنَت في الأوردة، بينما كانت قادرةً أيضًا على عبور الحاجز الدموي الدماغي،

والوصول إلى الدماغ. ووجد الباحثون أن هذا التلاعب في الجينات أدى بالفئران التي عاشت في مجموعات إلى أن تتصرف بطريقةٍ مشابهة للفئران التي كانوا قد عزلوها.

وفي النهاية، أحدثت زيليكوفسكي وزملاؤها تغييرًا في التعبير عن الجين *Tac2* في الفئران، وكذلك تأشير البروتين NkB، إما بحقن عقار «أوسانيتانت» في مواضع محددة من الدماغ أو حقن الفيروسات؛ لخفض التعبير عن الجين *Tac2*، أو لتثبيط نشاط الخلايا العصبية، التي يتم التعبير فيها عن ذلك الجين. وقد مَكَّنت هذه التجاربُ مؤلِّفي البحث من الربط بين سلوكياتٍ محدَّدة، وتنظيم نشاط الجين *Tac2* في مناطق معينة من الدماغ. فقد تم التحكم في التأثير الاجتماعي الرئيس للعزل – وهو ازديادُ العدوانية تجاه أي دخيل – من قبل الجين *Tac2* في منطقة ما تحت المهاد الظهرية الوسطية، بينما تم تنظيم الاستجاباتِ للضغطِ الحاد والمتواصل من قِبَل الجين بشكل أوّلي في اللوزة المركزية (الشكل 1).

ومن شأن هذا البحث أن يفتح البابَ أمام الكثير من البحوث الأخرى في المستقبل. فبدايةً – وهو أهم ما في الأمر - سيكون من المثير معرفة ما إذا كان الجين *Tac3* - وهو الجين البشري المُناظر للجين *Tac2* - يؤدي دورًا في ظهور تأثيرات الوحدة والعزل الاجتماعي في البشر، أم لا. وحسب عِلْمنا.. لم يتم حتى الآن الربط مباشرة بين الجين *Tac3*، وأي نوع من النشاط أو السلوك الاجتماعي في البشر، غير أنه يتم التعبير عنه في الدماغ البشري، كما أظهر مستويات غير طبيعية من التعبير في الأطفال المصابين باضطراب طيف التوحد[6]، الذي يؤثر بشكل كبير على التفاعل الاجتماعي. ويمكن تطبيق أساليب التلاعُب المنظَّمة في بحث زيليكوفسكي وزملائها على البشر فورًا، إذ إن عقار «أوسانيتانت» والمثبطات الأخرى للبروتين NkB قد اختُبِرَت بالفعل في تجاربَ إكلينيكية. ويمكن لهذه العقاقير أن تعالِج الاضطراباتِ المعادية للمجتمع، التي يُحْدِثها العزل، وكذلك اضطرابات المزاج والقلق.

ورغم أن معظمَ تجاربهم قد ركزَت على ذكور الفئران، رصدت زيليكوفسكي وزملاؤها ازديادًا في معدَّل التعبير عن الجين *Tac2*، استجابةً للعزل الاجتماعي في كل من الذكور والإناث. إنّ الاختلافات بين الجنسين من حيث الاستجابة للضغوط والعزل موثَّقةٌ على نحوٍ جيد، وهي - في العادة - ثابتةٌ عبر تاريخ النوع[7]. ومن ثم، سيكون من المثير اختبار ما إذا كانت أدوار الجين *Tac2* في ظهور تأثيرات العزل الاجتماعي في الإناث تشبه أدواره في الذكور، أم تختلف عنها.

وقد تتباين الحاجة إلى التفاعلات الاجتماعية، وشكل الاستجابة للعزل الاجتماعي بدرجة كبيرة بين الأنواع المختلفة، وبين الأفراد داخل النوع الواحد. وعادةً ما يُعتبَر البشر - على سبيل المثال - مخلوقاتٍ اجتماعية بدرجة كبيرة، وكذلك الفئران[8]. وقد يعانون من تبعات مُنْهِكة، إذا لم تُلَبَّ احتياجاتُهم الاجتماعية[1,9]، غير أن هناك أنواعًا (وبعض الأفراد داخل النوع الواحد) تكون أكثر ميلًا إلى العيش الانفرادي، أو حتى تتجنب التفاعلات الاجتماعية[10]. ويمكن أن تكون لدى مِثْل هذه الأنواع أو الأفراد آلياتٌ عصبيةٌ متكيفة للتوافق مع غياب التفاعل الاجتماعي، لكنّ تحديد ما إذا كانت الجيناتُ من عائلة *Tac* تعمل بشكلٍ مختلفٍ، أم لا، في الأفراد أو الأنواع ذات النزعة الانعزاليّة، مقارنة بكيفية عملها في الأفراد أو الأنواع الأكثر اجتماعيةً، لم يُكْشف بعد.

وأخيرًا، يتحتم على المرء أن يتساءل: إلى أيّ مدى نستطيع الاعتماد على نموذج من الفئران للعزل الاجتماعي، كوسيلة يمكن بها فعليًّا بَحْثُ الآليات المؤدية إلى مَشاعر الوحدة في البشر؟ في النهاية، الشعور بالوحدة والعزلة العقلية أمر شخصي وتقديري، فقد يشعر الشخص بأنه وحيد، بينما هو محاط بأناس آخرين. إنّ السمات التي تبديها الفئران المعرَّضة للعزل الاجتماعي المطَوَّل تشبه - إلى حد بعيد - تلك التي تُرى في البشر الموضوعين في حبس انفرادي؛ ولذا.. فإن هذه الحيوانات تُوَفِّر بالفعل نموذجًا جيدًا لدراسة الأمر. وما نفتقِرُ إليه الآن هو وجود نماذج حيوانية للأشكال الأخرى من الوحدة البشرية، كالانسحاب الاجتماعي، أو اضطراب الشخصية المُعادي للمجتمع. وقد يؤدي التوسع في استخدام الطرق والأدوات البحثية – عبر دراسة أنواع مختلفة على سبيل المثال، بما فيها الحيوانات غير الاجتماعية، وتلك التي تعيش في مجتمعات، وكذلك البشر – إلى تقريبنا أكثر من فَهْم الأساس البيولوجي للوحدة في البشر. ■

نوجا زلخا، وتالي كِمشي تعملان في قسم بيولوجيا الأعصاب، معهد وايزمان للعلوم، ريهوفوت 76100، إسرائيل.
البريد الإلكتروني: tali.kimchi@weizmann.ac.il

1. Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., Baker, M., Harris, T. & Stephenson, D. *Perspect. Psychol. Sci.* **10**, 227–237 (2015).
2. Gerst-Emerson, K. & Jayawardhana, J. *Am. J. Public Health* **105**, 1013–1019 (2015).
3. Zelikowsky, M. *et al. Cell* **173**, 1265–1279 (2018).
4. Dutta, S. & Sengupta, P. *Life Sci.* **152**, 244–248 (2016).
5. Asahina, K. *et al. Cell* **156**, 221–235 (2014).
6. Martin, J. *et al. J. Am. Acad. Child Adolescent Psychiatry* **53**, 761–770 (2014).
7. Bale, T. L. & Epperson, C. N. *Nature Neurosci.* **18**, 1413 (2015).
8. Insel, T. R. & Fernald, R. D. *Annu. Rev. Neurosci.* **27**, 697–722 (2004).
9. House, J., Landis, K. & Umberson, D. *Science* **241**, 540–545 (1988).
10. Rehan, S. M. & Toth, A. L. *Trends Ecol. Evol.* **30**, 426–433 (2015).

علم البيئة

الجرذان تعيث فسادًا في الشعاب المرجانية

يمكن لاستقدام الجرذان غير المحلية أن يدمر النظم البيئية للجُزُر. وقد اتضح مؤخرًا أن هذه الجرذان يمكنها كذلك أن تؤذي شبكة معقدة من التفاعلات التي تربط الطيور البحرية بالطحالب والأسماك في الشعاب المرجانية المجاورة.

نانسي نولتون

يمكن للجرذان غير المحلية، التي تغزو الجُزُر الاستوائية، أن تسبب مشكلات للنظم البيئية التي تغزوها[1]، حيث يمكن لهذه الكائنات الدخيلة أن تقضي على المجموعات المحلية التي تتغذى عليها، مثل النباتات، واللافقاريات الأرضية. كما يمكن أن تقل أعداد مجموعات الطيور عندما تأكل الجرذان بيضها وأفراخها. وقد تنتشر الآثار المعقدة وغير المباشرة لوجود هذه القوارض بشكل عميق، وعلى نطاق واسع، من خلال الشبكات الغذائية في الجُزُر[2]، غير أنه لم يتم إيلاء سوى القليل من الاهتمام للآثار غير المباشرة لمثل هذه الأنواع الغازية على مجتمعات الشعاب المرجانية المجاورة.

وفي بحث نُشِر في دورية *Nature*، عالَج جراهام وآخرون[3] هذه المسألة فيما يخص مواقع معينة بأرخبيل تشاجوس في المحيط الهندي (الشكل 1)، وذلك عن طريق مقارنة الشعاب المرجانية المحيطة بست جُزُر موبوءة بالجرذان بشعاب متاخمة لسِتّ جُزُر تخلو من الجرذان. ووجد مؤلفو البحث أن الشعاب القريبة من الجُزُر الموبوءة بالجرذان بها قدر أقل من المغذيات، وعدد أقل من الأسماك، وأعداد منخفضة من الأسماك التي تتغذى على الطحالب التي تنافس المرجان.

وتَمَثَّل أحد أكثر الآثار المُلاحَظة لوجود الجرذان في حدوث انخفاض في الطيور البحرية المُعشِّشة بمقدار 760 ضعفًا للهكتار الواحد في الجُزُر الموبوءة بالجرذان، بالمقارنة بالجُزُر الخالية منها. فعلى الجُزُر الخالية من الجرذان، أنتجت المجموعات الأكبر من الطيور ترسيبات أكبر من الذرق؛ وهو فضلات الطيور الغنية بالنيتروجين. وتحصل الطيور - في الأغلب - على هذا النيتروجين من الطعام الذي تستهلكه خلال رحلات البحث عن الطعام، التي تقطع فيها مسافات طويلة إلى مناطق من المحيط، تتسم بكوّنها أكثر إنتاجية بمقدار يتراوح من 100 مرة إلى 100 ألف مرة، مقارنةً بالمياه المتاخمة للجُزُر، بفضل ثرائها بمستويات أعلى من المغذيات. وكانت معدلات ترسيب النيتروجين على الجُزُر الخالية من الجرذان أكبر بمقدار 251 مرة للهكتار الواحد منها في الجُزُر الموبوءة بالجرذان. وباستخدام تقنية معينة للتعرف على أشكال النظائر المختلفة للنيتروجين، تمكّن مؤلفو البحث من التمييز بين هذا النيتروجين الذي "جلبته" الطيور البحرية معها، والنيتروجين المستمَد محليًّا. وقد مَكَّن ذلك جراهام وزملاؤه من تتبُّع إلى أين انتهى المطاف بالنيتروجين الذي رسَّبَته الطيور البحرية.

امتصت النباتات على الجُزُر بعض النيتروجين، ودخل البعض الآخر المحيط عن طريق الأمطار، أو الأمواج المتلاطمة. فعلى سبيل المثال.. على بُعد 100 متر من شاطئ الجُزُر الخالية من الجرذان، كان لدى كل نوع من الإسفنج ونوع من عشب الطحالب البحرية الكبيرة مستويات مرتفعة من النيتروجين المستمد من طعام الطيور البحرية، الذي تعثر عليه في رحلات البحث، بالمقارنة بالمستويات المسجلة بالقرب من الجُزُر الموبوءة بالجرذان. وعلى بُعد 230 مترًا من شاطئ الجُزُر الخالية من الجرذان، ارتفع مستوى تركيز النيتروجين المستمَد من الطيور البحرية في كل من الطحالب العشبية، والنسيج العضلي لأسماك دامسل التي تتغذى على الطحالب، مقارنةً بالقياسات الخاصة بالجُزُر الموبوءة بالجرذان. وبقياس حلقات النمو في عظام الأذن بأسماك دامسل، بيّن جراهام وزملاؤه أن أسماك دامسل الموجودة في المياه حول الجُزُر الخالية من الجرذان نمت بشكل أسرع، وكانت في أي سن أكبر حجمًا من أيٍ من الأسماك التي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعيش بجانب الجُزُر الموبوءة بالجرذان. ويُفترَض أن يكون ذلك لأنّ الطعام كان أكثر ثراءً بالنيتروجين.

وبالنظر إلى كل أنواع أسماك الشعاب المرجانية، توصّل مؤلفو البحث إلى أن مجموع الكتلة الحيوية لمجموعة الأسماك كانت أعلى بنسبة 48% حول الجُزُر الخالية من الجرذان، مقارنةً بتلك الموجودة حول الجُزُر الموبوءة بالجرذان. وبالإضافة إلى ذلك.. فإن من بين كل أنواع أسماك الشعاب المرجانية، كانت وفرة الأسماك العاشبة (التي تتغذى على الطحالب) هي الأكثر تأثرًا سلبًا بوجود الجرذان. وللأسماك العاشبة أهمية خاصة للشعاب المرجانية، لأن عملية حصولها على الغذاء تمنع الطحالب من الزيادة في النمو وقتل المرجان. وحول الجُزُر الخالية من الجرذان، تغذّت أسماك الببغاء - وهي أحد أنواع الأسماك العاشبة - على سطح الشعاب المرجانية بالكامل 9 مرات في السنة، بينما بلغ هذا العدد حول الجُزُر الموبوءة بالجرذان 2.8 مرة فقط في السنة. ولأنّ أسماك الببغاء تتغذى باستخدام مناقير قوية، كان يوجد كذلك قَدْر أكبر من الحتّ الحيوي وإنتاج الرمال على الشعاب المحيطة بالجزر الخالية من الجرذان، لكن كمية المرجان الحي لم تكن أقل من كمية المرجان المحيط بالجزر الموبوءة بالجرذان.

إن الآثار الهائلة التي يوثّقها جراهام وزملاؤه تقدِّم صورة شاملة لكيفية ارتباط الشعاب بالأرض والمناظر البحرية المحيطة. فحركة الكائنات حول هذه الموائل يولّد روابط جينية بين المناطق التي طالما حظيت بتقدير كلٍ من علماء الوراثة والجغرافيا الحيوية على حدٍّ سواء. وفي مجال حماية البيئة البحرية، أصبحت عملية خلق شبكات من المناطق المحمية بحريًّا - تأخذ في الاعتبار الارتباط الجيني بين الشعاب المرجانية - جزءًا من عملية التخطيط بشكلٍ متزايد. وكما تستكشِف قصيدة الشاعر جون دون "ما مِن إنسان يمثّل جزيرة" طبيعة الصلات الإنسانية، فكذلك يذكر البعض في سياق مماثل: "ما مِن شعاب تمثّل جزيرة".

وبالرغم من ذلك.. لم تُدرَس الروابط الغذائية التي تربط الشعاب المرجانية بالنظم البيئية الأرضية والبحرية دراسة مستفيضة، كما هو الحال بالنسبة إلى الروابط الجينية. وهو أمر مثير للدهشة، نظرًا إلى اللغز القائم منذ أمد طويل حول كيفية نمو الشعاب المرجانية في مياه فقيرة بالمغذيات، وهي ظاهرة تُعرَف بمفارقة داروين؛ إذ سلَّط تشارلز داروين الضوء على هذا اللغز. إنّ إعادة التدوير المُحكَم للطاقة والمغذيات لها دور كبير بالتأكيد[5]، شأنها شأن العوالق بالمحيطات، التي يعبِّر عنها المَثَل القائل



NICK GRAHAM

الشكل 1 – فرخ طائر الأطيش في عش أعلى بحيرة متصلة بالشعاب المرجانية في أرخبيل تشاجوس. يقدم جراهام وزملاؤه[3] تقريرًا عن دراساتهم لكيفية تأثير الجرذان غير المحلية على النظم البيئية للجزر والشعاب المرجانية المتاخمة لها في أرخبيل تشاجوس في المحيط الهندي. وقد توصل الباحثون إلى أن الجزر الخالية من الجرذان تتمتع بعدد أكبر بكثير من الطيور البحرية مقارنة بالجزر الموبوءة بالجرذان. بالإضافة إلى ذلك، فإن ترسيبات النيتروجين من فضلات الطيور البحرية لها أثر إيجابي على الشعاب المرجانية المجاورة عن طريق تدوير المغذيات التي تنتج طحالب غنية بالنيتروجين تعزز وجود تجمعات الأسماك.

"حائط من الأفواه"، الذي تمثله الأسماك على الشعاب[6].

تضيف دراسة جراهام وزملائه إلى تقديرنا المتنامي لأهمية الإعانات الغذائية الآتية للشعاب من مسافات بعيدة، ليس فقط عن طريق الطيور البحرية، كما هو موثَّق هنا، وإنما أيضًا من خلال طائفة متنوعة من الكائنات المفترسة تحت الماء، مثل أسماك القرش[7]. وعلى وجه الخصوص، يمكن للآثار البشرية أن تُحْدِث خللًا في هذه الإعانات في كلتا الحالتين.

ولهذا العمل آثار عملية فورية، خاصةً لأن الشعاب المرجانية حول العالم تقع تحت خطر جسيم. فالكثير من الخسائر المبكرة في الشعاب المرجانية كان بسبب الإفراط في الصيد[8]، ولا تزال ندرة الأسماك العاشبة تجعل الشعاب أقل قدرة على الصمود[9،10]، إلا أن أحد الأسباب الرئيسة للقلق إزاء بقاء الشعاب الآن هو تأثير تغيُّر المناخ، وقدرة الشعاب على التعافي من الاضطرابات الناجمة عن ارتفاع درجات حرارة المحيط، التي تؤدي إلى ابيضاض الشعاب المرجانية، وموتها على نطاق واسع؛ ما يؤثر حتى على الشعاب البعيدة والمحمية[11].

قد تبدو إضافة الجرذان إلى قائمة الأخطار التي تهدد الشعاب أمرًا غير مشجع، لكن اكتشاف الآثار السلبية للجرذان على الشعاب يشير بالفعل - بشكل مباشر - إلى استراتيجية محددة، قد تبطئ من وتيرة تدهور الشعاب. فقد تم القضاء بشكل كامل على الجرذان وثدييات غازية أخرى بنجاح في المئات من الجُزُر؛ ما عاد بآثار نافعة على الكثير من النظم البيئية الأرضية[12]. ويقترح جراهام وزملاؤه أن تكون للاستراتيجية ذاتها وغيرها من الاستراتيجيات التي تهدف بوجه أعمّ إلى حماية الطيور البحرية، أولوية فيما يخص الجُزُر المرتبطة بالشعاب المرجانية؛ للمساعدة على كسب الوقت، بينما يتمكن المجتمع من السيطرة على التغير المناخي، والإبطاء منه، كما نأمل. وفي هذه الأثناء، سيركز العلماء على دراسة كيفية تعافي هذه الجُزُر الموبوءة بالجرذان - في مقابل الجُزُر الخالية منها - من حادث ابيضاض الشعاب المرجانية التالي، والحتميّ. ■

نانسي نولتون تعمل في قسم علم الحيوانات اللافقارية بالمتحف الوطني للتاريخ الطبيعي، مؤسسة سميثسونيان، واشنطن العاصمة 20013، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: knowlton@si.edu

1. Harper, G. A. & Bunbury, N. *Glob. Ecol. Conserv.* **3**, 607–627 (2015).
2. Nigro, K. M. *et al. Restor. Ecol.* **25**, 1015–1025 (2017).
3. Graham, N. A. J. *et al. Nature* **559**, 250–253 (2018).
4. Schill, S. R. *et al. PLoS ONE* **10**, e0144199 (2015).
5. de Goeij, J. M. *et al. Science* **342**, 108–110 (2013).
6. Hamner, W. M., Colin, P. L. & Hamner, P. P. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **334**, 83–92 (2007).
7. Williams, J. J., Papastamatiou, Y. P., Caselle, J. E., Bradley, D. & Jacoby, D. M. P. *Proc. R. Soc. B* **285**, 20172456 (2018).
8. Pandolfi, J. M. *et al. Science* **301**, 955–958 (2003).
9. Jackson, J. B. C., Donovan, M. K., Cramer, K. L. & Lam, V. (eds) *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970–2012* (Glob. Coral Reef Monit. Netw., IUCN, 2014); go.nature.com/2jdpbvp
10. Adam, T. C., Burkepile, D. E., Ruttenberg, B. I. & Paddack, M. J. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **520**, 1–20 (2015).
11. Hughes, T. P. *et al. Nature* **556**, 492–496 (2018).
12. Russell, J. C. & Holmes, N. D. *Biol. Conserv.* **185**, 1–7 (2015).

صحة عامة

تقدير معدل وفيات الرضع بسبب تلوث الهواء

قَدَّرت دراسة دقيقة قائمة على الملاحظة إمكانية منع حتى 22% من الوفيات بين الرضع في دول جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى، من خلال تحسين جودة الهواء، وهي نسبةٌ تفوق التقديرات السابقة بكثير.

لانس إيه. والر

قد تساعد البيانات الضخمة في التعامل مع العديد من المشكلات المنتشرة في نطاق الصحة العامّة. على سبيل المثال.. تساعد تحليلات البيانات واسعة النطاق الباحثين على فهم الأنماط العالميّة للأمراض، ومجموعة العوامل التي تؤثر في الصحة العامة، والسياسات ذات القدرة الأكبر على تحسين الوضع[1،2]. وفي بحث نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، طرح هيفت نيل وزملاؤه[3] مقاربةً من هذا النوع، وطبّقوها، وتفحَّصوها (وهو الأهم). تستكشف المقاربة أثر جودة الهواء على معدل الوفيات بين الرضع في دول جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى.

وتُضاف دراسة الباحثين هذه إلى مجموعة متزايدة من الأبحاث التي تستكشف الأنماط الدوليّة للنواتج الصحيّة، من خلال تحليلات مبتكرة للبيانات الضخمة، وهي مجموعةٌ من المقارَبات، ارتادها العديد من الباحثين على المستويات الجغرافيّة المحليّة، إلا أنها تجاوزت ذلك، ووصلت إلى مستوى الصحّة العالميّة، من خلال مشروع يسمَّى «دراسة عبء المرض العالمي Global Burden of Disease Study» (GBDS). في أنواع الدراسات هذه، تُجمع البيانات الصحية والإداريّة والبحثيّة من مصادر متعددة، وتخضع للنمذجة الرياضيّة، ولتحليل إحصائيّ معقَّد، إلا أن هذا الفرع المثير من بحوث الصحة العامّة ما زال يسعى لإيجاد مكان له وسط التقنيات التقليديّة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المتعلقة بعلم الأوبئة، التي تتضمن جمع البيانات من الملاحظات المباشرة المأخوذة من الحالات الفعليّة، وحالات المقارنة، أو من الدراسات الطوليّة.

استُخدمت بيانات مشروع GBDS في السابق لتقدير الروابط بين جودة الهواء على المستوى المحلي، ومعدَّلات الوفاة على المستوى العالمي (كما في تقرير المشروع لعام 2016، على سبيل المثال[4])، لكنّ غالبية البيانات في هذه التحليلات كانت مأخوذة من محطّات مراقبة تلوث الهواء، التي يوجد أكثرها في الدول المتقدِّمة. وفي هذه المناطق عادةً ما يكون تلوث الهواء أقلّ منه في دول جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى.

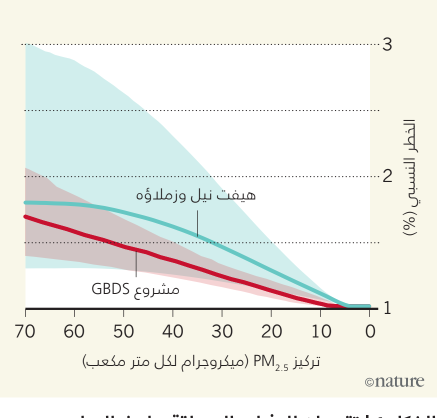
أما هيفت نيل وزملاؤه، فقد استخدموا قياسات لتلوث الهواء، مأخوذة من الأقمار الصناعية، وأدمجوها مع بيانات من 65 استطلاعًا صحيًّا للأسر، واستخدموها لتحديد معدل الوفيات بين حوالي مليون حالة ولادة في 30 دولة عبر جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى، في الفترة بين عامي 2001، و2015. كما ركَّز الباحثون أيضًا على معدل وفيات الرضّع من مختلف الأسباب، بينما ركَّز مشروع GBDS على الوفيات بسبب الأمراض التنفسية.

وكانت النتائج مفاجِئة، حيث قدَّر هيفت نيل وزملاؤه أن 22% من حالات الوفاة بين الرضع في دول جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى - ما مجموعه 449 ألف طفل رضيع - يمكن تفادي حدوثها من خلال خفض المستويات المتوسطة لتلوث الهواء، لتصل إلى أقلّ المستويات الملاحَظة في الإقليم (عند تركيز يبلغ ميكروجرامين لكلّ متر مكعب). وهذا المستوى من التحسن النسبي يفوق التقديرات التي توصّل إليها تحليلان سابقان باستخدام بيانات GBDS المتاحة للعموم[5,6] (الشكل 1). يقارن الباحثون نتائجهم بنتائج الأبحاث السابقة، ويقدِّمون أسبابًا عديدة للاختلاف في القيم فيما بينها. ومن بين هذه الأسباب اختلاف الافتراضات بشأن مستوى التحسن الممكن تحقيقه في جودة الهواء (في الدراسة الحالية حدث تحسن من متوسط 25 ميكروجرامًا إلى ميكروجرامَين لكل متر مكعب، مقارنة بالتحسن في التحليلين السابقين، الذي وصل إلى 5.8 ميكروجرام لكل متر مكعب)، واختلاف مجموعات بيانات معدلات الوفيات.

ولم يَقْنَع هيفت نيل وزملاؤه بالرابط الظاهر في النتائج فحسب، وإنما أخذوا يراجعون بدقّة مدى عدم التيقن من تقديراتهم.. فعلى سبيل المثال.. ذكروا بالتفصيل كيف يمكن لنتائجهم أن تتأثر بالافتراضات التحليليّة، مثل وجود علاقة خطيّة بين تلوث الهواء، ومعدل الوفيات، ضمن نطاق القِيَم الملاحَظة، كما ذكروا التحيز المحتمَل المصاحب لاستخدام قياسات مأخوذة من الأقمار الصناعيّة، باعتبارها معبِّرة عن تلوث الهواء عند المستويات الأرضية. وتناوَل الباحثون أيضًا العوامل التي قد تؤثر في التقديرات بشكل مثير للحيرة، مثل الحالة الاجتماعيّة الاقتصاديّة؛ حيث تم التنبؤ من قبل بأنّ الأُسَر الأكثر ثراء ستكون أقل تأثرًا بتلوث الهواء من الأُسَر الفقيرة، إلا أن الباحثين كشفوا أن الأمر لم يكن كذلك في تحليلهم. وهذا التقييم الذاتي مهم، ويطرح منظورًا جديدًا، ويضع النتائج في موضعها المناسب؛ لينظر فيها الباحثون، وخبراء السياسات.

وقد حدد هيفت نيل وزملاؤه مصادر بياناتهم في المعلومات التكميلية المنشورة مع البحث، إلا أنه بإمكان الدراسات المستقبلية أن تقطع شوطًا أكبر بكشف التفاصيل اللازمة لتكرار نتائج دراسات البيانات الضخمة بالضبط، أو باختلافات بسيطة. فعلى سبيل المثال.. يجب نشر الأوصاف المفصلة والمُراجعة من قِبَل الأقران لعمليات معالجة البيانات، وإيداع مجموعة البيانات النهائية في مستودعات يمكن الاستشهاد من خلالها، مثل موقع datadryad.org. ومن خلال مشاركة البيانات، وتفاصيل التحليلات التي يمكن الاستشهاد بها، قد تكتسب دراسات بعينها - مثل دراسة هيفت نيل وزملائه - قيمة أكبر.

فهل هذا هو آخر ما يُقال بشأن العلاقة بين تلوث الهواء ،ومعدل الوفيات بين الرضع؟ بالطبع لا، حيث إن أي دراسة قائمة على الملاحظة تَحمِل خطر الخلط بين الارتباط والسببيّة، لكنّني أرى أن إثبات السببيّة يجب ألا يكون الدافع الوحيد لإجراء هذه الدراسات، بل يُفْتَرَض أن يكون الهدف من أي بحثٍ علمي هو معرفة أشياء أكثر مما كنا نعرف. وقد يساعد إثبات السببيّة الباحثينَ على تحديد الآثار المباشِرة لتطبيق سياسات بعينها على جوانب صحيّة معيَّنة، بيد أن الارتباطات واسعة النطاق، المدروسة



الشكل 1 | تقديران للوفيات المتعلقة بتلوث الهواء بين الرضّع. يمكن قياس تلوث الهواء من خلال قياس تركيز المواد الجسيمية القابلة للاستنشاق ($PM_{2.5}$)، بوحدة قياس ميكروجرام لكل متر مكعب ($\mu g\ m^{-3}$). قدَّر مشروع "دراسة عبء المرض العالمي" GBDS[6] العلاقة بين زيادة تركيز $PM_{2.5}$، والاحتمالات النسبيّة لوفيات الرضع بسبب العدوى التنفسيّة على مستوى العالم. أما هيفت نيل وزملاؤه[3]، فقد استخدموا مقارَبات مختلفة لتحليل البيانات، لتقدير الخطر النسبي لوفيات الرضع من مختلف الأسباب، والمتعلقة بتلوث الهواء في دول جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى فقط، حيث معدلات التلوث عادة ما تكون أعلى مما هو الحال في المناطق الأكثر ثراءً من العالم. والرسالة العامة من الاثنين واحدة، وهي: أن هناك فائدة واضحة من خفض مستويات تلوث الهواء. واكتشف هيفت نيل وزملاؤه زيادة أكبر في معدل الوفيات مع زيادة مستويات تلوث الهواء. وتتيح مستويات عدم التيقن (المناطق المظللة في الشكل) خلفيّة أساسيّة لفهم النتائج. (الشكل مقتبَس من الشكل 3 في المرجع الثالث).

بدقة، يمكنها أن تُظْهِر كيف يمكن لتغييرات بسيطة في السياسات أن تسفر عن تطورات كبيرة (وإنْ كان بصورةٍ غير مباشرة) في العمل على الوصول إلى الأهداف الصعبة المتعلقة بالصحة العامّة. وهذا يفيد – على وجه الخصوص - في جوانب معينة من الصحة العامة، مثل تحليلات تلوث الهواء، حيث يكون إجراء دراسات تجريبيّة شديدة الانضباط مسألة صعبة ومتعذرة من الناحية الأخلاقيّة، فعلى سبيل المثال.. لا يمكن ربط مستويات تلوث الهواء - بشكل عشوائي - بالأفراد، كما لا يمكن تخصيص مستويات محددة من التعرض للتلوث لمناطق معينة.

قد تقدِّم لنا دراسات علوم البيانات واسعة النطاق رؤى ثاقبة للعوامل التي تُنبئ بالاتجاهات التي ستتخذها النواتج الصحيّة، إلا أنها قد تكون محدودة الاستخدام في اكتشاف السببيّة، خاصّة على مستوى القارّات. فعلى سبيل المثال.. إذا ما نظرنا في مشروع (جوجل فلو Google Flu)، الذي كان يهدف إلى تقدير أعداد المصابين بالإنفلونزا في الولايات المتحدة، عن طريق تحليل الاتجاهات في عمليات البحث عن المصطلحات ذات الصلة بأعراض الإنفلونزا، سوف نجد أنه لعدة أسابيع قدَّمت المقاربة التنبؤيّة التي يستخدمها النظام، والمبنيّة على علوم البيانات، نتائجَ أدقّ مما قدَّمته طرق التتبع الوبائيّة التقليدية المبنيّة على تقارير الأطباء والتأكيدات المختبرية، ولكنْ في أعقاب ضبط خوارزميّة التنبؤ، المستخدَمة في أوائل عام 2013، بالَغ النظام بشدّة في تقدير أعداد حالات الإنفلونزا لمدة أسبوعين[7]. وبالاعتماد الكامل على الارتباطات، دون إدخال عوامل الخطورة الوبائيّة في الحسابات، لم يكن لدى الخوارزميّة سوى القليل من التوازن والضوابط التي تحمي من سوء التقدير بالسلب أو بالإيجاب، ولم تقدِّم سوى القليل من المعلومات عن العوامل المُحَرِّكة للأنماط قصيرة المدى لإصابات الإنفلونزا.

وباختصار.. على الرغم من أن تحليلات البيانات الضخمة لا يمكن أن تحل محل الدراسات الوبائيّة الدقيقة، إلا أنها قادرة على تقديم معلومات واسعة النطاق عن الفوائد المحتملة لسياسات الصحّة العامّة. وفي هذه الحالة، يسلّط بحث هيفت نيل وزملائه الضوء على فوائد السعي لخفض مستويات تلوث الهواء إلى الحد الأدنى الملاحَظ في مجموعات البيانات الخاصة بهم، كما يتاح تقييم آثار التغييرات الأكثر بساطة في مستويات التلوث. ومن المؤكد أن لهذا النوع من التحليلات موقعًا في صندوق الأدوات الحديثة لمجال الصحة العامّة. وحسب ما قال كوفي عنان[2]: "من دون بيانات جيدة، نصبح كالمحلِّقين عمياناً. فإنْ لم تر المشكلة؛ لن تستطيع حلها". ■

لانس إيه. والر يعمل بقسم الإحصاءات الحيوية والمعلوماتية الحيوية، كلية رولينز للصحة العامة، جامعة إيموري، أطلنطا، جورجيا 30322، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: lwaller@emory.edu

1. Dowell, S. F., Blazes, D. & Desmond-Hellmann, S. *Nature* **540**, 189–191 (2016).
2. Annan, K. *Nature* **555**, 7 (2018).
3. Heft-Neal, S., Burney, J., Bendavid, E. & Burke, M. *Nature* **559**, 254–258 (2018).
4. GBD 2016 Mortality Collaborators. *Lancet* **390**, 1084–1150 (2017).
5. Cohen, A. J. *et al. Lancet* **389**, 1907–1918 (2017).
6. Burnett, R. T. *et al. Environ. Health Perspect.* **122**, 397–403 (2014).
7. Lazer, D., Kennedy, R., King, G. & Vespignani, A. *Science* **343**, 1203–1205 (2014).

الجهاز العصبي

بنية مُستقبِل GABA$_A$ المِشبكي البشريّ

يتم النقل العصبي التثبيطي السريع في الدماغ بشكل أساسي من خلال الناقل العصبي GABA (حمض الجاما أمينوبوتيريك)، وهدفه المشبكي المتمثّل في النوع A من مُستقبِل GABA (المُستقبِل GABA$_A$). ويؤدي الخلل الوظيفي لهذا المُستقبِل إلى اضطرابات عصبية، وأمراض عقلية، تشمل الصرع، والقلق والأرق. والمُستقبِل GABA$_A$ هو أيضًا هدف خصب للعقاقير العلاجية، وغير المشروعة، والترويحية، بما في ذلك البنزوديازيبينات، والباربيتورات، وأدوية التخدير، والإيثانول. يُقدِّم الباحثون - في البحث المنشور - بِنى شديدة الاستبانة، كُشِف عنها بالتصوير المجهري الإلكتروني لعينة مُبرَّدة للمُستقبِل البشري α1β2γ2 GABA$_A$؛ وهو الشكل الإسوي السائد في الدماغ البالغ، بالتشابك مع GABA، ومناهض موقع البنزوديازيبين المُسمَّى الفلومازنيل، وهو العلاج الإكلينيكي الأول لجرعات البنزوديازيبين المفرطة. وتكشف بِنية المُستقبِل عن تفاعلات فريدة مغايرة التغضّن لهذه الفئة المهمة من مُستقبِلات الناقل العصبي المُثبِط. يوفر عمل الباحثين نموذجًا لفهم تحوير المستقبلات من خلال GABA، والبنزوديازيبينات، كما سيساعد هذا العمل المناهج المتزنة للاستهداف العلاجي لهذا المُستقبِل في الاضطرابات العصبية والأمراض العقلية.

S. Zhu *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0255-3

شبكات عصبية

تمييز أفضل للأنماط الجزيئية

بدءًا من البكتيريا التي تتبع تدرجات كيميائية بسيطة، حتى المخ الذي يميز معلومات الروائح المعقدة، تُعتبر القدرة على تمييز الأنماط الجزيئية أمرًا ضروريًّا بالنسبة إلى الكائنات البيولوجية. وقد تم تنفيذ هذا النوع من وظيفة معالجة المعلومات باستخدام شبكات عصبية قائمة على الحمض النووي، إلا أنها اقتصرت على تمييز مجموعة لا تزيد على أربعة أنماط، يتكون كل نمط منها من أربعة جزيئات حمض نووي متباينة. وتم اقتراح الحوسبة بنظام "الفائز يستأثر بكل شيء" كاستراتيجية محتمَلة لتحسين قدرة الشبكات العصبية المستنِدة إلى الحمض النووي. ومقارنةً بدوائر العتبة الخطية، وشبكات "هوبفيلد" المستخدَمة سابقًا، تُعتبر دوائر "الفائز يستأثر بكل شيء" أقوى بكثير من الناحية الحوسبية، وتسمح هذه الدوائر بتنفيذ جزيئي أبسط، ولا تتقيد بعدد الأنماط ومدى تعقيدها، وعليه، يمكن بلوغ عدد كبير من الأنماط البسيطة، وعدد صغير من الأنماط المعقدة، على حد سواء. يقدِّم الباحثون، في البحث المنشور، تنفيذًا ممنهجًا لشبكات "الفائز يستأثر بكل شيء" العصبية القائمة على تفاعلات إزاحة أشرطة الحمض النووي. استخدم الباحثون صيغة متكررة متأرجحة لبوابة الحمض النووي، تم تطويرها مسبقًا، وتم مَدّها لتشتمل على مكون بسيط ومحكم يُسَهِّل من التهجين التعاوني الذي يشارك في عملية انتقاء "فائز". ويوضح الباحثون أنه باستخدام هذه الصيغة المتأرجحة الممتدة، يمكن للشبكات العصبية القائمة على الحمض النووي أن تصنِّف أنماط لما يصل إلى تسع فئات. يتكون كل نمط من هذه الأنماط من 20 جزيئًا من جزيئات الحمض النووي المتباينة المختارة من مجموعة الـ100، التي تمثل البِتّات المئة في الأنماط 10×10، بحيث تتعقب جزيئات الحمض النووي العشرون المُنتقاة أحد الأرقام المكتوبة باليد، من (1) إلى (9). وصَنَّفت الشبكة أنماط الاختبار بنجاح مع ما يصل إلى 30 من البتات المئة المُتَقَلِّبة بالتناسب مع أنماط الأرقام "المُتذَكَّرة" أثناء التدريب، ما يشير إلى أن الدوائر الجزيئية يمكنها أن تؤدي بدقة تلك المهمة المعقدة، المتمثلة في تصنيف معلومات على درجة عالية من التعقيد والتشويش، استنادًا إلى التشابه مع ذاكرة.

K. Cherry *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0289-6

علم الحفريات

أقدم سلحفاة بمنقار عديم الأسنان

لا زالت المراحل المبكرة من تطور السلاحف أمرًا مثيرًا للجدل في علم الحفريات الفقارية. وأشارت تقارير حديثة إلى أنها من ثنائيات القوس، لكن الموضع المحدد للسلاحف ضمن مجموعة Diapsida تلك ما زال محل جدل. ويظل تسلسل اكتساب السلاحف للسمات المشتركة الخاصة الموروثة من السلائف (synapomorphies) غير واضح. في البحث المنشور، يصف الباحثون إحدى السلاحف من العصر الترياسي في الصين، تحمل مزيجًا من الصفات المشتقة والسمات السلفية المشتركة (plesiomorphic features). وعلى حد علمهم، فهذه السلحفاة هي أبكر السلاحف الجذعية القديمة المعروفة، التي لديها منقار عديم الأسنان، وصفيحة عانيّة إسكيّة صلبة. ويشير اكتشاف هذا الشكل الجديد من السلاحف إلى تاريخ مبكر معقد لهذه الكائنات.

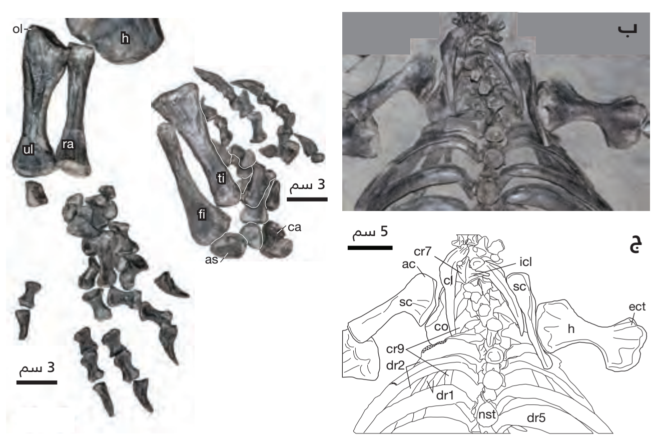
C. Li *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0419-1

الشكل أسفله | الشكل النمطي للنوع (*E. sinensis* SMMP 000016.)

أ. هيكل عظمي كامل المفاصل، كما حُفِظ. ب، ج، صورة ورسم تفسيري للهيكل العظمي المحوري الأمامي، والحزام الصدري، والعظام الساقيّة والساعديّة اليمنى من منظور ظهريّ، مع عظمة كتف طويلة ورفيعة، وأقراص فقريّة عصبية دائرية متضخمة عميقة التقعّر. د، الرُّجَيلة الدقيقة اليمنى للطرف الأمامي من منظور خلفي بطني. هـ. الرُّجَيلة الدقيقة اليمنى للطرف الخلفي من منظور خلفيّ. يُعرف النوع *Eorhynchochelys* من عينة واحدة فقط، يصل طولها الإجمالي إلى 2.3 متر تقريبًا، بما في ذلك الذيل الطويل بشكل واضح، وحجمها أكبر بكثير من النوع *Odontochelys*. وكانت الجمجمة المثلثة العريضة والصغيرة نسبيًّا، التي يبلغ طولها حوالي 9.0 سنتيمترات، مفصولة عن العنق بحوالي سنتيمترين، وهي واضحة من المنظور البطني، في حين أن معظم الجزء خلف القحفي من الهيكل العظمي متمفصل، ومكشوف من المنظور الظهري. يشير التحام الأقواس العصبية بمراكزها وبالأطراف جيّدة التعظّم لجميع العظام الطويلة إلى أن العينة تمثل سلحفاة بالغة كاملة النمو. Ac: الأخرم؛ as: الكاحل؛ ca: عظم العقب؛ cl: الترقوة؛ co: العظم





الغرابيّ؛ cr9: الضلع الرقبي 9؛ dr1، dr5 :dr2، الأضلاع الظهرية 1، و2، و5؛ ect: تجويف اللقيمة الخارجي؛ fi: الشظيّة؛ h: عظم العضد؛ icl: العظم بين الترقوي؛ nst: القرص الفقري العصبي؛ ol: طرف المرفق (الزُّج)؛ ra: عظمة الكُعبُرة؛ sc: عظمة الكتف؛ ti: عظمة الساق؛ ul: عظمة الزند.

الكيمياء الجيولوجية

ماس من النوع IIb في الوشاح السفلي

إنّ المسارات الجيولوجية لإعادة تدوير مواد السطح الأرضية في الوشاح يحركها ويحجبها التشكل الصخري للصفائح القارية. ويصعب قياس مدى عملية إعادة التدوير هذه، لأن المكونات القشرية المندسة تُطلَق، في الأغلب، عند مستويات ضحلة نسبيًّا تحت البراكين القوسية. ويكشف الوجود اللافت للماس الأزرق المحمَّل بالبورون (من النوع IIb) أن البورون - وهو عنصر متوفر في القشرة القارية والمحيطية - يوجد في مواقع معينة مكوِّنة للماس في الأعماق عند الوشاح، إلا أن كلًّا من مصدر البورون، والبيئة الجيولوجية لعملية بلورة الماس لم يكونا معروفَين. في البحث المنشور، يوضح الباحثون أن الماس المحمَّل بالبورون يحمل تجمعات معدنية، لم يتم التعرف عليها من قبل، كانت سلائفها المعرَّضة لمستويات عالية من الضغط مستقرة في ألواح صخرية محيطية متحوّرة عند أعماق تصل إلى الوشاح السفلي. ويشير الباحثون إلى أن بعض البورون في الغلاف الصخري المحيطي المتحوّل إلى صخر مرقط (سربنتين) بفعل المياه المالحة قد اندس في الوشاح العميق، حيث أُطلق مع الموائع المائية التي تتيح نمو الماس. وبالتالي، فإن الماس من النوع IIb من بين الأنواع الأعمق المكتشَفة حتى الآن، كما أنه يشير إلى مسار فعلي لإعادة تدوير العناصر القشرية في الوشاح العميق.

E. Smith *et al.*

doi:10.1038/s41586-018-0334-5

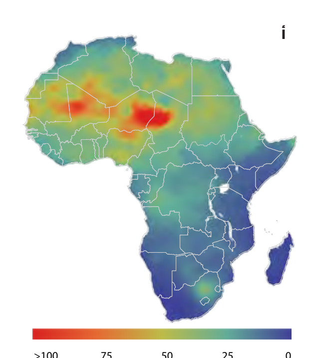
عوامل خطورة

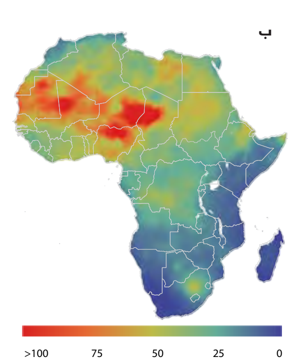
نوعية الهواء ووفيات الأطفال في أفريقيا

يُعتقد أن نوعية الهواء السيئة عامل خطورة مهم في معدل الوفيات عالميًّا، إلا أنه لا يوجد سوى القليل من الأدلة المباشرة من بلدان العالم النامي حول اختلاف معدل الخطورة مع تغيُّر مستويات التعرض للمواد الجسيمية الموجودة في الجوّ المحيط. تَستخدِم التقديرات العالمية الحالية العلاقة بين التعرض والاستجابة، المستمدة - في الأساس - من البلدان الغنية الواقعة جغرافيًّا عند خطوط العرض الوسطى، لتطبيقها على البيانات السكانية المكانية، وتظل التقديرات غير موثَّقة في أجزاء كبيرة من العالم. في البحث المنشور، يجمع الباحثون بين معلومات تستند إلى استبيان للأُسَر حول موقع وتوقيت ما يقرب من مليون حالة ولادة عبر الدول الأفريقية في جنوب الصحراء الكبرى، وتقديرات تَعتمِد على الأقمار الصناعية لمستوى التعرض للمواد الجسيمية القابلة للاستنشاق، الموجودة في الجوّ المحيط، ويقلّ قطرها الديناميكي الهوائي عن 2.5 ميكرومتر (وتسمى اختصارًا $PM_{2.5}$)؛ لتقدير تأثير نوعية الهواء على معدلات الوفيات بين الرضع في أفريقيا. وجد الباحثون أن زيادة تركيز $PM_{2.5}$ بمقدار 10 ميكروجرامات لكل متر مكعب تصاحبها زيادة قدرها 9% (بنطاق ثقة 95%، 4-14%) في معدل وفيات الرضع عبر مجموعة البيانات. ولم يتراجع هذا التأثير على مدى الخمس عشرة سنة الماضية، ولا يتقلص مع ارتفاع مستوى ثراء الأُسَر. وتشير تقديرات الباحثين إلى أن تركيزات $PM_{2.5}$ الأعلى من مستويات التعرض الدنيا كانت مسؤولة عن 22% (بنطاق ثقة 95%، 9-35%) من الوفيات بين الرضع في الدول الثلاثين موضع الدراسة، وقد تسببت في 449,000 حالة وفاة إضافية (بنطاق ثقة 95%، 194,000-709,000) بين الرضّع في عام 2015. يفوق ذلك التقديرات الحالية - التي تعزو موت الرضع إلى سوء نوعية الهواء في هذه البلدان - بأكثر من ثلاث مرات. إن المراجعة التصاعدية لتقديرات عبء المرض في البلدان قيد الدراسة في أفريقيا وحدها من شأنها أن تؤدي إلى مضاعفة التقديرات الحالية لمعدلات الوفيات العالمية بين الرضع، المرتبطة بتلوث الهواء. ومن المتوقع أن تكون للانخفاض البسيط في التعرض للمادة PM2.5 في أفريقيا منافع صحية للرضع تفوق معظم التدخلات الصحية المعروفة.

S. Heft-Neal *et al.*

doi:10.1038/s41586-018-0263-3





ج
>200 150 100 50 0
معدل الوفيات اللحظي (يسمى اختصارًا IFM) - (عدد حالات الوفاة لكل ألف حالة ولادة)

الشكل أعلاه | أنماط التلوث المكانية ووفيات الأطفال في أفريقيا. أ، متوسط تركيز $PM_{2.5}$ على المدى الطويل للفترة بين عامي 2001، و2015. ب، الحد الأقصى السنوي لتركيز 5.2MP للفترة بين عامي 2001، و2015. ج، متوسط معدل الوفيات بين الرضع في البلدان قيد الدراسة للفترة بين عامي 2001، و2015، مستمد من المسوح الديموغرافية والصحية، باستخدام الأساليب الموصوفة سابقًا. الحدود الخارجية للبلدان مأخوذة من الإصدار الثاني من قاعدة بيانات "المناطق الإدارية العالمية".

علم المناعة العصبية

الأوعية الليمفية السحائية وألزهايمر

التقدّم في السن عامل خطورة رئيسًا للعديد من الأمراض العصبية، لكن آلياته لا تزال غير واضحة. فعلى عكس الأنسجة الأخرى، يفتقر متن الجهاز العصبي المركزي (CNS) إلى الأوعية الليمفية، ويتم التخلص من الفضلات جزئيًّا عبر مسار مجاورٍ للأوعية. وقد حفز اكتشاف (أو إعادة اكتشاف) الأوعية الليمفية السحائية وتوصيفها، تقييم دورها في إزالة الفضلات من الجهاز العصبي المركزي. في البحث المنشور، يُظهِر الباحثون أن الأوعية الليمفية السحائية تصرف الجزيئات الضخمة من الجهاز العصبي المركزي (السوائل الدماغية النخاعية والخلالية) إلى داخل العُقَد الليمفية العنقية في الفئران. ويبطئ خلل وظيفة الأوعية الليمفية السحائية تدفق الجزيئات الكبيرة عبر المسار المجاور للأوعية إلى السائل الدماغي النخاعي، وتدفقها المعاكس إلى خارج السائل الخلالي، كما يسبب ضعفًا إدراكيًّا لدى الفئران. يحسِّن علاج الفئران المسنّة بعامل النمو البطاني الوعائي (سي) من التصريف الليمفي السحائي للجزيئات الكبيرة من السائل الدماغي النخاعي، معززًا إرواء الدماغ ومستوى الأداء فيما يخص التعلم والذاكرة. ويؤدي اضطراب الأوعية الليمفية السحائية في نماذج الفئران المحوّرة جينيًّا لمرض ألزهايمر إلى تعزيز ترسب الأميلويد بيتا في السحايا – فيما يشبه الآلية الإمراضية السحائية في البشر - ويزيد من تراكم الأميلويد بيتا المتنيّ. وقد يكون الخلل الوظيفي الليمفي السحائي عاملًا مفاقِمًا للآلية الإمراضية لمرض ألزهايمر، وللتراجع الإدراكي المرتبط بالتقدم في العمر. وهكذا، قد يكون تنشيط الوظيفة الليمفية السحائية هدفًا علاجيًّا واعدًا للوقاية من الأمراض العصبية المرتبطة بالتقدم في العمر، أو لتأخير ظهورها.

S. Mesquita *et al.*

doi:10.1038/s41586-018-0368-8

نمذجة السرطان

تباين استجابة خطوط الخلايا السرطانية

تُعَد خطوط الخلايا السرطانية البشرية عِماد أبحاث السرطان. ورغم أنه من المعروف أن خطوط الخلايا تتطور في المزارع الخلوية، فإن مدى التغاير الجيني والنسخي الناتج عن هذا التطور، وما يترتب عليه وظيفيًّا، لم يُدرَس بعد بشكل كافٍ.

في البحث المنشور، يستخدم الباحثون تحليلات الجينوم لعدد 106 خطوط خلوية بشرية، زُرِعت في مختبرين؛ لإظهار تنوع نسيلي كبير. وأدّت الاستفاضة في التوصيف الجينومي لعدد 27 سلالة من خط خلايا سرطان الثدي الشائع MCF7 إلى الكشف عن تنوع جيني سريع. وتمّ التوصل إلى نتائج مشابهة مع سلالات متعددة لعدد 13 خطًا خلويًّا إضافيًّا. الأمر اللافت للنظر هو تَرافُق التغيّرات الجينية مع التفعيل التمايزي لبرامج التعبير الجيني، والفروق الملحوظة في مورفولوجيا الخلايا وتكاثرها. وأظهرت تجارب الترميز الشريطي أن تطور خط الخلايا يَحدُث نتيجة الانتخاب النسيلي الإيجابي شديد الحساسية لظروف مزرعة الخلايا. وأظهرت تحليلات النسائل المشتقة من خلايا مفردة أن عدم الاستقرار المستمر يتحوّل سريعًا إلى تغاير في خط الخلايا. وعندما اختُبِر تأثُّر سلالات MCF7 السبع والعشرين بعدد 321 مركّبًا مضادًا للسرطان، كشف الباحثون عن استجابات دوائية شديدة التباين؛ فنسبة 75% على الأقل من المركّبات التي ثَبَّطت بشدة بعض السلالات كانت غير فعالة على الإطلاق مع سلالات أخرى.

تُوَثِّق هذه الدراسة مدى التباين الوراثي داخل خطوط الخلايا، وأصوله، وعواقبه، وتوفِّر إطارًا للباحثين؛ لقياس هذا التباين في سياق الجهود المبذولة لدعم أبحاث السرطان الأكثر قابلية للتكرار.

U. Ben-David *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0409-3

علم الفلك

مجموعتان نجميتان بينهما 5 مليارات سنة

تُشفِّر التركيبات الكيميائية للنجوم نظائرها الغازية، التي تكوّنت منها، ما يوفر مؤشرات مهمة حول تواريخ تكوُّن المجرّات. ومن الصفات المميزة الفعالة: وفرة عناصر ألفا α (الأكسجين O، والماغنسيوم Mg، والسيليكون Si، والكبريت S، والكالسيوم Ca، والتيتانيوم Ti) بالنسبة إلى الحديد، [α/Fe]. ويتم تخليق عناصر ألفا، وضَخّها في الوسط بين النجمي من خلال المستعرات العظمى من النوع الثانيII، التي تظهر بعد حوالي عشرة ملايين سنة من تكوُّن نجومها الأصلية. وفي المقابل، يُعاد الحديد إلى الوسط بين النجمي عن طريق المستعرات العظمى من النوع Ia، التي تنشأ بعد فترة زمنية أطول بكثير، تصل إلى ما يقارب مليار سنة.

هكذا، تنتج فترات التكوّن النجمي السريع عادةً مجموعات نجمية ذات نِسَب [α/Fe] عالية (لأن المستعرات العظمى من النوع الثاني II وحدها لديها وقت لتسهم في تغذية الوسط بين النجمي في أثناء تكوُّن المجموعة النجمية)، في حين تتطلب النجوم ذات نِسَب [α/Fe] المنخفضة فترات تكوُّن نجمي تستمر لأكثر من بضعة مليارات من السنوات (تطغى خلالها المستعرات العظمى من النوع Ia على المستعرات العظمى من النوع الثاني II). وعليه، يشير وجود مجموعتين مميزتين من النجوم بجوار المجموعة الشمسية، إحداهما بِنِسَب [α/Fe] مرتفعة، والأخرى بِنِسَب [α/Fe] منخفضة، إلى مصدرين مختلفين، لكنّ الآلية التي نشأ عنها هذا التوزيع ثنائي النمط لا تزال غير معروفة.

يَستخدِم الباحثون، في البحث المنشور، نموذجًا لتطوُّر المجرّات القرصية، لتوضيح أن فترتي التكوّن النجمي، اللتين تتنبأ بهما نظرية "التدفق البارد" لتراكم الغاز المجرّيّ، تفسران أيضًا ثنائية النمط الكيميائي المرصودة. ووفقًا لهذا السيناريو، تتكوّن النجوم ذات نِسَب [α/Fe] العالية مبكرًا في أثناء طور أوّليّ للتراكم، يتضمن تيارات من الغاز الأوّليّ البارد، يسقط بفعل الجاذبية. وتوجد بعد ذلك فجوة تُقدَّر بحوالي ملياري سنة، حتى يبرد الغاز المسخَّن صدميًّا في هالة المادة المظلمة المجرِّية، نتيجةً للإشعاع، ويمكن أن يبدأ في التراكم بنفسه. تتكوّن النجوم ذات نِسَب [α/Fe] المنخفضة في أثناء هذا الطور الثاني. ويفصل بين ذروتي هاتين الفترتين من التكوُّن النجمي حوالي خمسة مليارات سنة.

وعلاوة على ذلك، فإنّ التغير واسع النطاق في أنماط الوفرة في هاتين المجموعتين النجميتين، الذي تم رصده في مجرّة درب التبانة، يفسره جزئيًّا التغيّر المكاني في هذا التاريخ لتراكم الغاز.

M. Noguchi *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0329-2

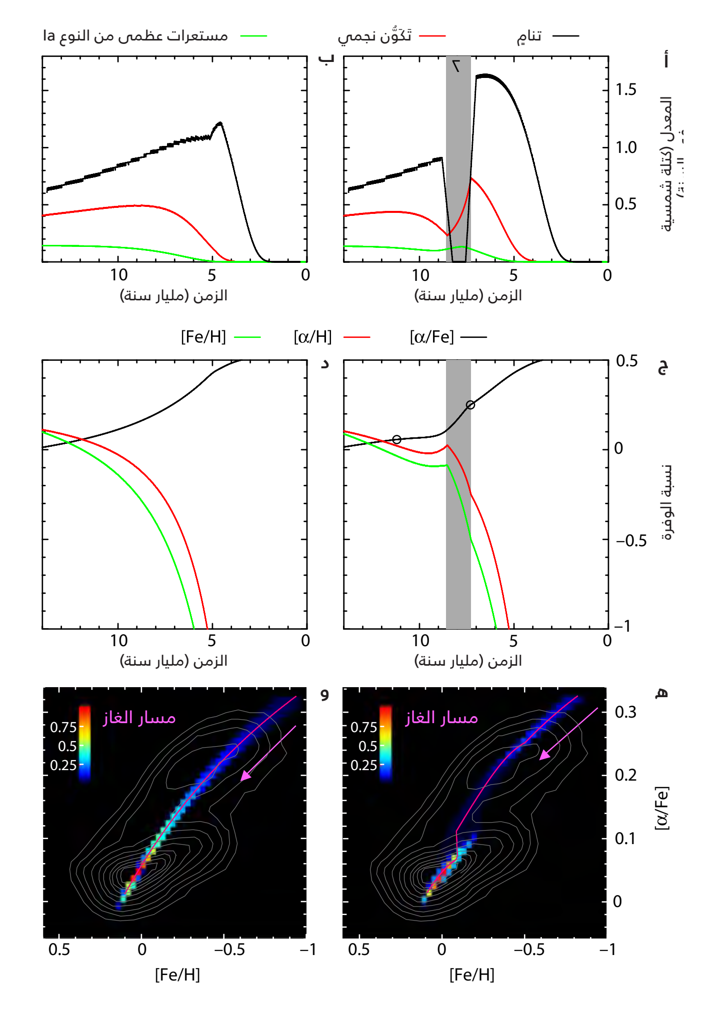
الشكل أسفله | مخطط التطوّر الكيميائي والوفرة الكيميائية بجوار المجموعة الشمسية.
أ، جـ، هـ، نموذج التدفق البارد. ب، د، و، نموذج التسخين الصدمي. تشير جميع اللوحات إلى المنطقة 7 آلاف فرسخ فلكي < R < 9 آلاف فرسخ فلكي، حيث R هي المسافة من مركز المجرّة. T_g هو الزمن منذ بداية الكون، ومعدل المستعرات العظمى من النوع Ia هو العدد لكل قرن. والمنطقة الرمادية المظللة في أ وجـ توضح الفجوة في تراكم الغاز. والدوائر المفرغة في جـ تشير إلى نِسَب [eF/α] عند ذروتَي التكوُّن النجمي. هـ، و، التوزيع النجمي في المخطط الكيميائي، حيث يشير تدرُّج الألوان إلى معدل التكرار النسبي، مقارنةً بأعلى قيمة في كل لوحة. المنحنيات المحيطية هي التوزيعات المرصودة، وفقًا لبيانات "تجربة OPA لتطوُّر مجرّة درب التبانة" (EEGOPA). ويوضح الخط البنفسجي تطور الغاز، حيث يشير السهم إلى التسلسل الزمني.

علم الوراثة الزراعية

تعديل تنسيق نمو النباتات واستقلابها

إنّ تعزيز الأمن الغذائي العالمي عن طريق زيادة إنتاجية أنواع الثورة الخضراء من الحبوب ينطوي على خطر زيادة الضرر البيئي المصاحب الناجم عن الأسمدة النيتروجينية غير العضوية. وعليه، فإن إدخال تحسينات على كفاءة استخدام المحاصيل للنيتروجين أمر بالغ الأهمية، بيد أن هذا الأمر يتطلب فهمًا عميقًا للآليات التنظيمية المشتركة، التي تجمع بين النمو، وتمثيل النيتروجين، وتثبيت الكربون.

في البحث المنشور، يوضح الباحثون أن التفاعلات الفيزيائية والأنشطة المتعارضة المتوازنة لعامل النسخ، عامل تنظيم نمو الأرز 4 (GRF4)، ومثبط النمو DELLA، تمنح تنظيمًا مشتركًا مستتبًّا للنمو واستقلاب الكربون والنيتروجين. يعزّز ويكمل عامل النسخ GRF4 كلًّا من تمثيل النيتروجين، وتثبيت الكربون، والنمو، في حين يثبط مثبط النمو DELLA هذه العمليات. ونتيجة لذلك، فإن تراكم DELLA، الذي يميّز أنواع الثورة الخضراء، لا يؤدي فقط إلى تقزم مُعزِّز للمحصول، وإنما يقلل أيضًا من كفاءة استخدام النيتروجين، إلا أن كفاءة استخدام أنواع الثورة الخضراء ومحصول الحبوب للنيتروجين تزيد عن طريق توجيه التوازن بين عامل GRF4 ومثبط DELLA نحو زيادة وفرة GRF4. وبالتالي، فإن تعديل نمو النباتات، والتنظيم الاستقلابي المشترك يُمَكِّن



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

من استحداث استراتيجيات استيلاد جديدة للأمن الغذائي المستدام في المستقبل، وثورة خضراء جديدة.

S. Li *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0415-5

علم الإحاثة

جينوم نسل تزاوج نياندرتال ودينيسوفا

إنّ بشر النياندرتال، وبشر الدينيسوفا مجموعتان منقرضتان من أشباه البشر (hominins)، انفصلتا عن بعضهما البعض قبل أكثر من 390 ألف سنة. وفي البحث المنشور، يقدم الباحثون جينوم "دينيسوفا 11"، وهي شظية عظمية من كهف دينيسوفا (في روسيا)، وأثبتوا أنها تخص شخصًا كانت والدته من بشر النياندرتال، ووالده من بشر الدينيسوفا. توصل الباحثون إلى أن الأب، الذي يحمل جينومه آثارًا من سلالة النياندرتال، انحدر من مجموعة ذات صلة بإنسان من الدينيسوفا كان قد وُجد في الكهف، ويعود إلى وقت لاحق. أما الأم، فكانت تنتمي إلى مجموعة أقرب صلةً ببشر النياندرتال الذين عاشوا لاحقًا في أوروبا، عن إنسان من النياندرتال كان قد وُجد في كهف دينيسوفا أيضًا، ويعود إلى وقت أقدم، ما يشير إلى أن أقدم هجرات بشر النياندرتال بين شرق وغرب أوراسيا قد حدثت في وقت ما قبل 120 ألف سنة.

يشير اكتشاف نسل الجيل الأول من اختلاط إنسان النياندرتال، وإنسان الدينيسوفا - من بين العينات القليلة القديمة التي وُضع تسلسلها حتى الآن - إلى أن الاختلاط بين مجموعات أشباه البشر في أواخر عصر البلايستوسين كان أمرًا شائعًا عند التقائها.

V. Slon *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0455-x

علم المناخ

تطور متزامن لدرجات الحرارة الاستوائية والقطبية

إن عمليات إعادة بناء المناخ القديم للفترات ذات المناخات الدافئة والتركيزات العالية من ثاني أكسيد الكربون الجوي ضرورية للوصول إلى توقعات أدق لتغير المناخ في المستقبل. وتشير مؤشرات درجات الحرارة القديمة في أعماق المحيط، وعند دوائر العرض العليا، إلى أن عصر الإيوسين (قبل 56 إلى 34 مليون سنة) ضَمّ أدفأ فترة خلال الـ66 مليون سنة الأخيرة، متبوعة بفترة تبريد، نحو زمن تكوّن القمم الجليدية في القارة القطبية الجنوبية في نهاية المطاف. والدفء القطبي في عصر الإيوسين من الأمور المؤكدة والراسخة، ومن ثم فالعقبة الرئيسة في التحديد الكمي لتطور المؤشرات المناخية الأساسية، مثل متوسط تغير درجة الحرارة العالمي، وارتفاعها القطبي، هي قلة عمليات إعادة البناء المستمرة عالية الجودة لدرجات الحرارة الاستوائية.

وفي البحث المنشور، يقدم الباحثون سجلًّا متصلًا لدرجة الحرارة الاستوائية لسطح البحر في عصر الإيوسين، استنادًا إلى قياس درجات الحرارة القديمة بالمؤشرات الحيوية المستخدَم على رواسب المحيط الأطلسي. ويدمج الباحثون هذا السجل بالبيانات الضئيلة الموجودة، لبناء حزمة متعددة المؤشرات والمواقع خلال 26 مليون سنة من تطور المناخ الاستوائي في عصر الإيوسين. ووجدوا أن درجات الحرارة الاستوائية، ودرجات حرارة أعماق المحيط قد تغيرت بالتوازي تحت تأثير كل من الاتجاهات المناخية طويلة الأمد، والأحداث قصيرة الأمد. ويتسق ذلك مع فرضية أن التأثير المناخي لغازات الدفيئة - وليس التغيرات في الدوران المحيطي - كان هو المحرك الرئيس لمناخ عصر الإيوسين. كما لاحظوا وجود علاقة خطية قوية بين درجات الحرارة الاستوائية، ودرجات حرارة أعماق المحيط، ما يتضمن عامل ارتفاع قطبي ثابت على مدار عصر الإيوسين الخالي عمومًا من الجليد. وتشير المقارنة الكمية بعمليات المحاكاة لنموذج المناخ المقترن بالكامل إلى أن متوسط درجات الحرارة العالمية كان حوالي 29، و26، و23، و19 درجة مئوية في بداية عصر الإيوسين، وأوائل منتصفه، وأواخر منتصفه، وآخره، على الترتيب، مقارنةً بدرجة حرارة عصر ما قبل الصناعة، البالغة 14.4 درجة مئوية.

وأخيرًا، يسفر دمج تقديرات درجة الحرارة القائمة على المؤشرات والنماذج مع عمليات إعادة البناء المتاحة لتركيز ثاني أكسيد الكربون عن تقديرات لحساسية نظام الأرض في عصر الإيوسين، تتراوح بين 0.9، و2.3 كلفن لكل وات لكل متر مربع، باحتمال يبلغ 68 في المئة؛ وهو ما يتسق مع القيم العليا للتقديرات السابقة.

M. Cramwinckel *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0272-2

الشكل أسفله | عملية إعادة بناء جغرافية قديمة للمواقع قيد الدراسة قبل 40 مليون سنة.
يوضح الشكل الوضع القديم التقريبي للموقع قيد الدراسة (موقع ODP، رقم 959)، والمواقع الرئيسة التي استخدمها الباحثون لإنتاج مجموعة SST استوائية: المواقع ODP رقم 865، و925، و929؛ ومشروع الحفر التنزاني (TDP)؛ ومحجر ساجامو (SQ)؛ والبئر IB10B في نيجيريا. الصفائح القارية موضحة باللون الرمادي الداكن. وتمثل خطوط الشبكة ذات اللون الرمادي الفاتح دوائر العرض وخطوط الطول، بمسافات بينية تبلغ 30 درجة. تم إعداد الخريطة عن طريق برنامج GPlates، باستخدام إطار الدوران، وعملية إعادة البناء الحركي التكتوني الخاصة بماثيوز وزملائه.

علم الكواكب

دينامو معقد لكوكب المشتري

تقدِّم مركبة (جونو) الفضائية - التي تدور حول المشتري في مدار قطبي - قياسات مباشرة للمجال المغناطيسي لهذا الكوكب بالقرب من سطحه. وقد أنتج تحليل أُجري مؤخرًا لأرصاد المجال المغناطيسي للمشتري من ثمانية مدارات (من التسع مدارات الأولى) لمركبة (جونو) نموذجًا مرجعيًّا كرويًّا توافقيًّا (JRM09) للمجال المغناطيسي للمشتري خارج الكوكب. ولهذا النموذج أهمية خاصة لفهم العمليات التي تحدث في الغلاف المغناطيسي للمشتري، لكنْ لدراسة المجال داخل الكوكب، وبالتالي آلية التوليد (الدينامو) المسؤولة عن توليد المجال المغناطيسي الرئيس للمشتري، يُفضَّل استخدام نماذج بديلة.

في هذا البحث، يُقدّم الباحثون خرائط للمجال المغناطيسي عند مجموعة مختلفة من الأعماق داخل المشتري. وعلى عكس المجال المغناطيسي للأرض، وجد الباحثون أن المجال المغناطيسي للمشتري مختلف عن جميع المجالات المغناطيسية الكوكبية الأخرى المعروفة. فداخل المشتري، ينشأ معظم الفيض من منطقة الدينامو في شريط ضيق في نصف الكرة الشمالي من الكوكب، ويعود بعضه عبر رقعة فيض شديدة ومنعزلة بالقرب من خط الاستواء. وفي أي مكان آخر غير هذه المنطقة، يكون المجال أضعف بكثير. وينحصر الجزء غير ثنائي القطب من المجال انحصارًا شبه كامل في نصف الكرة الشمالي، ومن ثم يكون المجال في هذه المنطقة غير ثنائي القطب بقوة، وفي نصف الكرة الجنوبي تغلب عليه ثنائية القطب.

يشير الباحثون إلى أن دينامو المشتري - على عكس دينامو الأرض - لا يعمل في قشرة سميكة متجانسة، ويرون أن هذه المورفولوجيا غير المتوقعة للمجال تنشأ من التفاوت في أنصاف الأقطار، التي من المحتمل أن تشمل التدرج الطبقي في الكثافة، أو الموصلية الكهربائية، أو في كليهما.

K. M. Moore *et al*.

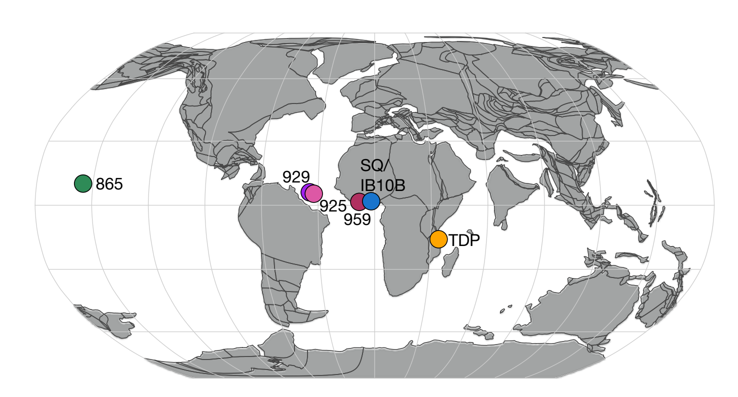
doi:10.1038/s41586-018-0468-5

الزراعة

تغيُّر الأرض عالميًا من 1982 إلى 2016

إنّ تغيُّر الأرض هو سبب من أسباب التغيّر البيئي العالمي، ونتيجة له؛ فالتغيرات في استخدام الأراضي والغطاء الأرضي تُبدِّل - إلى حدٍّ كبير - توازن الطاقة والدورات الجيوكيميائية الحيوية على الأرض؛ ما يسهم في تغيّر المناخ، الذي يؤثر بدوره على خصائص سطح الأرض، وتقديم خدمات النظام البيئي، لكنّ ثمة نقصًا في التقدير الكَمِّي للتغيّر العالمي للأرض.

في البحث المنشور، يحلل الباحثون بيانات أقمار صناعية تغطي 35 عامًا، ويقدّمون أول سجل شامل



لديناميكيات التغيُّر العالمي للأرض خلال الفترة من عام 1982 إلى عام 2016. يوضح الباحثون أنه على عكس الرأي السائد بأن مساحة الغابات قد تراجعت على مستوى العالم، ازداد الغطاء الشجري بمقدار 2.24 مليون كيلومتر مربع (+7.1% مقارنة بمستوى عام 1982). وهذه الزيادة الصافية الإجمالية هي نتيجة لرجحان زيادة صافية في المناطق وراء الاستوائية على نقص صافٍ في المناطق الاستوائية. وقد تناقص غطاء الأرض الجرداء العالمي بمقدار 1.16 مليون كيلومتر مربع (−3.1%)، وعلى وجه الخصوص في المناطق الزراعية في آسيا. ومن بين جميع التغيّرات الأرضية، ترتبط نسبة 60% منها بأنشطة بشرية مباشرة، و40% بمسببات غير مباشِرة، مثل تغيُّر المناخ. ويُظهِر تغيُّر استخدام الأراضي هيمنةً إقليمية، تشمل إزالة الغابات الاستوائية، والتوسع الزراعي، وزراعة الغابات، أو إعادة زراعتها على نحو معتدل، وتكثيف الأراضي الزراعية، والتوسع الحضري. وفي جميع النطاقات المناخية، اكتسبت الأنظمة الجبلية غطاءً شجريًّا على نحو مستمر، وفقدت أنظمة بيئية قاحلة وشبه قاحلة عديدة غطاءها النباتي. وتعكِس تغيّرات الأراضي الموضحة في المخططات، وكذلك المسبِّبات المنسوبة إليها هذه التغيرات، نظامًا أرضيًّا يسيطر عليه الإنسان. ويمكن استخدام مجموعة البيانات التي توصل إليها الباحثون؛ لتحسين نمذجة تغيّرات استخدام الأراضي، والدورة الجيوكيميائية الحيوية، والتفاعلات بين الغطاء النباتي والمناخ؛ من أجل تعزيز فهْمنا للتغيّر البيئي العالمي.

X. Song *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0411-9

اضطرابات طيف التوحد

السيروتونين يعالج القصور الاجتماعي

يُعَد الخلل الوظيفي في التفاعلات الاجتماعية عَرَضًا أساسيًّا من أعراض اضطراب طيف التوّحد، لكن الآليات العصبية الكامنة وراء القدرة على التواصل الاجتماعي غير مفهومة بشكل جيد؛ ما يعوق التطوير المناسب لعلاجات أشكال القصور الاجتماعي. في البحث المنشور، يُظهِر الباحثون أن التعديل ثنائي الاتجاه في الفئران لإفراز السيروتونين (5-HT)من الخلايا العصبية للرفاء الظهري في النواة المتكئة يُعدِّل القدرة على التواصل الاجتماعي بشكل ثنائي الاتجاه. ففي نموذج لفأر مصاب باضطراب طيف التوّحد لسبب وراثي شائع - هو اختلاف عدد النسخ على الكروموسوم 16p11.2—يستحثّ الحذف الجيني لمنطقة التصاحب الجيني من الخلايا العصبية المُنتِجة للسيروتونين صورًا من القصور في السلوك الاجتماعي، ويقلل نشاط الخلايا العصبية المُنتِجة للسيروتونين في الرفاء الظهري. ويمكن علاج هذه الصور من القصور في القدرة على التواصل الاجتماعي، عن طريق التفعيل البصري الوراثي للخلايا العصبية المُنتِجة للسيروتونين في الرفاء الظهري، وهو تأثير يتطلب تفعيل مُستقبِلات 5-HT1b في النواة المتكئة، كما يمكن محاكاته بتفعيلها أيضًا. توضح هذه النتائج دورًا غير متوقَّع لعمل السيروتونين في النواةالمتكئة فيما يخص السلوكيات الاجتماعية، وتشير إلى أن استهداف هذه الآلية قد يكون مفيدًا علاجيًّا.

J. Walsh *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0416-4

أجهزة ضوئية

عوازل آندرسون فوتونية طوبولوجية

إن السمة المميزة للعوازل الطوبولوجية ثنائية الأبعاد هي قوة نقلها الإلكتروني المُكمّم للشحنة والطاقة في ظل فوضى الشبكة التي تقوم عليها. وتنشأ هذه القوة من حقيقة أنه لا يمكن حدوث هذا النقل، في الفجوة النطاقية الطوبولوجية، إلا في الحالات الحافية، التي تكون محصنة ضد التشتت الارتدادي، نتيجة للحماية الطوبولوجية؛ إلا أنه، في حالة الفوضى القوية بدرجة كافية، تضيق هذه الفجوة النطاقية ويصبح النظام ككل بسيطًا طوبولوجيًّا؛ أي تكون جميع الحالات متموضعة وكل النقل يختفي وفقًا لتموضع آندرسون. لذلك كان الاقتراح الأخير بإمكانية حدوث الانتقال العكسي مفاجئًا. ففيما يسمى عوازل آندرسون الطوبولوجية، تم التنبؤ بأن ظهور الحالات الحافية المحمية والنقل المُكمّم يمكن تحفيزه، بدلًا من كَبْحه، عن طريق إضافة فوضى كافية إلى عازل بسيط طوبولوجيًّا. يعلن الباحثون، في البحث المنشور، عن البرهنة التجريبية لعازل آندرسون فوتوني طوبولوجي. وقد أجرى الباحثون تجاربهم في مصفوفة من موجهات الموجات الحلزونية المقترنة على نحو متلاشٍ في شكل شبيه بقرص العسل بشبكيات فرعية غير منسجمة. وتؤدي إضافة فوضى موضعية في صورة تفاوت عشوائي في معامل انكسار موجهات الموجات إلى تحويل النظام من طور بسيط إلى طور طوبولوجي. وهذا التدليل على فيزياء عازل آندرسون الطوبولوجي يوضح تجريبيًّا أنه يمكن للفوضى تحسين النقل، بدلًا من إعاقته.

S. Stützer *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0418-2

علم المحيطات

موجات الحر البحرية مع الاحترار العالمي

كشف بعض موجات الحر البحرية (وتسمَّى اختصارًا MHWs) التي رُصدت مؤخرًا عن شدة تأثُّر الأنظمة البيئية البحرية والمصايد السمكية بتلك الظواهر المناخية الشديدة، لكنّ معرفتنا بالوقائع السابقة والتعاقب المستقبلي لموجات الحر البحرية محدودة للغاية. في البحث المنشور، يستخدم الباحثون أرصاد الأقمار الصناعية، ومجموعة من عمليات المحاكاة النموذجية لنظام الأرض؛ لإظهار أن موجات الحر البحرية قد أصبحت بالفعل أطول أمدًا، وأكثر تواترًا وسعةً وحِدّةً، خلال العقود القليلة الماضية، وأنه من شأن هذا النمط أن يتسارع في ظل تزايد الاحترار العالمي. بين عامي 1982، و2016، رصد الباحثون تضاعفًا في عدد أيام استمرار موجة الحر البحرية. ومِن المتوقع أن تستمر مدتها في التزايد بمُعامل مقداره 16 في المتوسط، في ظل احترار عالمي قدره درجة ونصف الدرجة مئوية، نسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة، وبمُعامل مقداره 23 في المتوسط في ظل احترار قدره درجتان مئويتان، غير أنه من المتوقع أن تؤدي السياسات الوطنية الحالية للحدّ من انبعاثات الكربون العالمية إلى احترار مقداره ثلاث درجات مئوية ونصف الدرجة بحلول نهاية القرن الواحد والعشرين، الذي تتوقع له النماذج متوسط ارتفاع في احتمال حدوث موجات الحر البحرية، بمُعامل قدره 41. وعند هذا المستوى من الاحترار، يكون لموجات الحر البحرية متوسط نطاق فراغي أكبر 21 مرة منه في عصر ما قبل الصناعة، وتستمر 112 يومًا في المتوسط، وتبلغ كثافات شذوذ قصوى في درجة حرارة سطح البحر، تصل إلى درجتين مئويتين ونصف الدرجة. ويُتوقع حدوث التغيرات الأكبر في المناطق الاستوائية الغربية من المحيط الهادئ والمحيط المتجمد الشمالي. واليوم، تُعزَى نسبة 87 في المائة من موجات الحر البحرية إلى الاحترار بفعل الإنسان. وسوف ترتفع هذه النسبة إلى حوالي مائة في المائة في ظل أيّ مِن سيناريوهات الاحترار العالمي، حيث يتخطى درجتين مئويتين.

T. Frölicher *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0383-9

جغرافيا حيوية

ميكروبيوم التربة السطحية حول العالم

تحتضن التربة بعضًا من أكثر البيئات الميكروبية تنوعًا على كوكب الأرض، وهي ضرورية من أجل تدوير العناصر الغذائية، وتخزين الكربون. ولفهم آلية عمل التربة، يجب نمذجة أنماط التوزيع العالمي، ومستودعات الجينات الوظيفية للكائنات المجهرية الموجودة في التربة، إضافة إلى الترابط الحيوي والبيئي في تنوع وبِنْية المجتمعات البكتيرية والفطرية فيها. في البحث المنشور، يُظهِر الباحثون - من خلال تعزيز علم الجينوم البيئي، وزيادة التشفير الشمولي للحمض النووي (metabarcoding) لعينات التربة السطحية من حول العالم (189 موقعًا، و7,560 عينة فرعية) - أن التنوع الجيني البكتيري، لا الفطري، يبلغ أعلى مستوياته في الموائل معتدلة المناخ، وأن تكوين الجينات الميكروبية يختلف مع المتغيرات البيئية اختلافًا أشد منه مع المسافة الجغرافية. كما يُظهِرون أن الفطريات والبكتيريا يبديان تمايزًا عالميًّا في البيئة الملائمة، ترافقه استجابات تنوع متناقضة في التنوع فيما يخص الترسيب، ودرجة حموضة التربة. وإضافة إلى ذلك، يقدم الباحثون دليلًا على التضاد القوي بين البكتيريا والفطريات، مستنتَج من الجينات المقاوِمة للمضادات الحيوية، في موائل التربة السطحية والمحيطات، ما يشير إلى الدور الكبير الذي تؤديه التفاعلات الحيوية في تشكيل المجتمعات الميكروبية. وتشير النتائج التي توصل إليها الباحثون إلى أن التنافس والتصفية البيئية كلاهما يؤثر على وفرة المجتمعات البكتيرية والفطرية، وتكوينها، ووظائف الجينات المشفرة بها، ما

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يدلّ على أن الإسهامات النسبية لهذه الكائنات المجهرية في التدوير العالمي للعناصر الغذائية تختلف حسب المكان.

M. Bahram *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0386-6

السرطان

كيف تغزو اللوكيميا الجهاز العصبي المركزي

تتميز لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة بميل واضح إلى الانتقال إلى الجهاز العصبي المركزي. وعلى عكس النقائل الدماغية الآتية من أورام صلبة، نادرًا ما تنتقل نقائل لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة إلى النسيج الحشوي، لكنها تكون معزولة عن السحايا الرقيقة، التي تُعَد موضعًا نادرًا للغزو السرطاني. وعلى الرغم من أن الانتقال إلى الجهاز العصبي المركزي يحدث في جميع الأنواع الفرعية للوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة، فلم تُحدَّد بعد آلية غزو موحّدة لها. يوضح الباحثون، في البحث المنشور، أن خلايا لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة في الدورة الدموية تكون غير قادرة على اختراق الحاجز الدموي الدماغي عند الفئران، وإنما تنتقل إلى الجهاز العصبي المركزي عبر الأوعية الدموية التي تصل مباشرة بين النخاع العظمي الفقري أو الجمجمي، والحيز تحت العنكبوتي. والغشاء القاعدي لهذه الأوعية الموصِّلة غني بمادة اللامينين، التي تُعرَف بتنسيقها استطلاع الخلايا العصبية السالفة في الجهاز العصبي المركزي. ويتم التعبير عن مستقبِل اللامينين إنتجرين ألفا6 في معظم حالات لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة. وتوصل الباحثون إلى أن التفاعلات بين إنتجرين ألفا 6، واللامينين توسطت في انتقال خلايا لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة نحو السائل الدماغي النخاعي في المختبر، فعُولجت فئران تحمل طعومًا أجنبية من لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة، إما بمثبط PI3Kδ، الذي قلل من تعبير الإنتجرين ألفا 6 في خلايا لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة، أو بأجسام مضادة نوعية مُستعدِلة لمستقبِل الإنتجرين ألفا 6. وأظهرت هذه الفئران انخفاضًا واضحًا في انتقال خلايا لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادة عبر الأوعية الموصِّلة، وفي أعداد الأرومات في السائل الدماغي النخاعي، وأعراض أمراض الجهاز العصبي المركزي، على الرغم من حدوث الحدّ الأدنى من تراجع عبء أمراض النخاع العظمي. وتشير البيانات، التي توصّل إليها الباحثون، إلى أن التعبير عن مستقبل إنتجرين ألفا 6، الذي يشيع في حالات لوكيميا الأرومات الليمفاوية الحادّة، يسمح للخلايا باستخدام مسارات الانتقال العصبية؛ لغزو الجهاز العصبي المركزي.

H. Yao *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0342-5

علم الحاسوب

تعلُّم الآلة يتنبأ بالتفاعلات الكيميائية

إنّ عملية اكتشاف التفاعلات الكيميائية بطبيعتها عملية غير قابلة للتنبؤ، ومستهلِكة للوقت. وأحد البدائل المثيرة هو "التنبؤ بقابلية التفاعل"، إلا أن الأساليب المناسِبة لذلك - مثل تصميم التفاعل باستخدام الحاسوب - لا تزال في مهدها. والتنبؤ بالتفاعلات - استنادًا إلى أساليب كيميائية كمية عالية المستوى - أمر معقد، حتى مع الجزيئات البسيطة. علاوة على أنه، رغم أن تعلُّم الآلة فعال بقوة في تحليل البيانات، فإن تطبيقاته في الكيمياء لا تزال قيد التطوير. واستلهامًا من الاستراتيجيات القائمة على حدس الكيميائيين، يرى الباحثون في البحث المنشور أن نظام تفاعل يتم التحكم فيه من خلال خوارزمية تعلُّم الآلة قد يكون قادرًا على استكشاف فضاء التفاعلات الكيميائية بشكل سريع، خاصة إذا ما قام خبير بتوجيه النظام. يقدِّم الباحثون في بحثهم روبوتًا لتوليف المركبات العضوية، يمكنه إجراء تفاعلات كيميائية وعمليات تحليلية أسرع مما يمكن إجراؤه يدويًّا، فضلًا عن التنبؤ بقابلية تفاعل التوليفات الممكنة من الكواشف، بعد إجراء عدد صغير من التجارب، ومن ثم فهو يستكشف فضاء التفاعلات الكيميائية بفعالية. وباستخدام تعلُّم الآلة لاتخاذ القرارات، الذي يتيحه التشفير الثنائي للمدخلات الكيميائية، يمكن تقييم التفاعلات آنيًّا باستخدام الرنين المغناطيسي النووي، والتحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء. وقد تمكَّن نظام تعلُّم الآلة من التنبؤ بقابلية تفاعل حوالي ألف من توليفات التفاعلات بدقة تزيد على 80 في المئة، بعد النظر في مخرجات ما يزيد قليلًا على 10 في المئة من مجموعة البيانات. وتم استخدام هذا الأسلوب أيضًا لحساب قابلية تفاعل مجموعات البيانات المنشورة. ناهيك عن أنه باستخدام البيانات الآتية من الروبوت، تتبَّع أحد الكيميائيين هذه التنبؤات يدويًّا؛ ما أدى إلى اكتشاف أربعة تفاعلات.

J. Granda *et al*.

doi: 10.1038/s41586-018-0307-8

مهن

التألُّق المهني فنيًا وثقافيًا وعلميًا

تُميِّز التألُّق - وتعريفه الفضفاض هو أن "النجاح يولّد مزيدًا من النجاح" - فترة محددة، يكون خلالها أداء الفرد أفضل بشكل واضح من أدائه المعتاد. وعلى الرغم من مناقشة التألُّق على نطاق واسع في الرياضة، والمقامرة، والأسواق المالية على مدار العقود العديدة الماضية، فإننا لا نعرف الكثير عما إذا كان ينطبق على المهن الفردية، أم لا. وبالاستناد إلى المؤلفات الثرية عن دورة حياة الإبداع، جمع الباحثون في البحث المنشور سجلات مهنية واسعة النطاق لفنانين، ومخرجي أفلام، وعلماء، مع تتبُّع لإنتاجهم من أعمال فنية، وأفلام، ومنشورات علمية. ووجدوا - على مستوى المجالات الثلاثة كلها - أن الأعمال المتألقة في مهنةٍ ما تعكس درجة عالية من الانتظام الزمني، مع اتسام كل مهنة بانطلاق لأعمال متعاقبة عالية التأثير. ويوضح الباحثون أن هذه الملاحظات يمكن تفسيرها من خلال نموذج بسيط للتألُّق، يتيح لنا سبر أغوار هذه الظاهرة، التي تحكم المهن الفردية، كميًّا. ووجدوا أن هذه الظاهرة شائعة بشكل ملحوظ في مختلف المجالات؛ فحالات التألُّق منتشرة في كل مكان، لكنها فريدة عادة في المهن المختلفة. ويظهر التألُّق بشكل عشوائي في سلسلة أعمال الفرد، ويتمركز بشكل مؤقت، ولا يترافق مع أي تغيّر ملحوظ في الإنتاجية. ويوضح الباحثون أن حالات التألُّق المكتشَفة تقود بشكل أساسي إلى التأثير الجماعي للفرد، لأن الأعمال المنتَجة في أثناء التألُّق يكون لها تأثير أكبر، وتجاهُل ذلك يدفعنا إلى المبالغة في تقدير التأثير المستقبلي للمهنة، أو التقليل من شأنه. هذه النتائج لا تعمِّق فهْمنا الكَمِّي للأنماط التي تحكم براعة الفرد ونجاحه فحسب، بل ربما تكون لها أيضًا تأثيرات على تحديد الأفراد الذين سيكون لأعمالهم تأثير دائم، ورعايتهم.

L. Liu *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0315-8

تطور

تطور التعاون في الألعاب العشوائية

تَحْدُث المعضلات الاجتماعية عندما لا تتوافق الحوافز التي يحصل عليها الأفراد مع مصالح المجموعة. ووفقًا لما يُطلق عليه "مأساة المشاعات"، يمكن أن تؤدي هذه الحالات من عدم التوافق إلى الإفراط في استخدام الموارد العامة، وانهيارها. وتشير نظرية التبادلية المباشرة إلى أن التداخلات المتكررة قد تخفف من معضلات كهذه، بيد أن أعمالًا سابقة كانت قد افترضت أن الموارد العامة تظل ثابتة على مرّ الزمن. وعلى العكس، يطرح الباحثون في البحث المنشور فكرة أن الموارد العامة قابلة للتغير، وتعتمد على الخيارات الاستراتيجية للأفراد. وأحد السيناريوهات البديهية أن المشاركة تزيد المورد العام، في حين أن العزوف عنها ينقصها. وهكذا، يتيح التعاون إمكانية المشاركة في لعبة أعلى قيمة بمردود أعلى، في حين يؤدي هجر اللعبة إلى لعبة أقل قيمة. ويحلل الباحثون هذه الفكرة باستخدام نظرية الألعاب العشوائية، ونظرية اللعبة التطورية. وقد وجدوا أن اعتماد المورد العام على التداخلات السابقة قد يعزِّز الميل إلى المشاركة بشكل كبير. في هذه النتائج، نلحظ أن للتأثير التوافقي بين التبادل ومردود الاستجابة الراجعة أهمية بالغة، فالتداخلات المتكررة في بيئة ثابتة، وكذلك التداخلات الفردية في بيئة متغيرة، لا تؤدي كل منها إلى معدلات تعاون مشابِهة. ويوضح إطار العمل الذي وضعه الباحثون أيًّا من الاستجابات الراجعة بين استخدام الموارد والبيئة – سواء أكانت الطبيعية، أم المُستحدثة - تساعد في التغلب على المعضلات الاجتماعية.

C. Hilbe *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0277-x

مقاومة المضادات الحيوية

فعالية توليف الأدوية المضادة للبكتيريا

أصبح انتشار مقاومة مضادات الميكروبات شأنًا خطيرًا يهدد الصحة العامة، إذ يجعل الأمراض التي كانت ذات يوم قابلة للعلاج تعود مرة أخرى لتصبح أمراضًا مميتة، كما يقوِّض

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إنجازات الطب الحديث. بإمكان التوليف الدوائي أن يساعد في مكافحة العدوى البكتيرية المقاوِمة لأدوية متعددة، إلا أنه غير مستكشَف إلى حد كبير، ونادرًا ما يُستخدَم في العيادات. في البحث المنشور، يصِفُ الباحثون فعالية ما يقرب من 3 آلاف توليفة من المضادات الحيوية محددة الجرعة، وعقاقير تستهدف البشر، وإضافات غذائية، في ست سلالات من ثلاثة مُمْرِضات سالبة الجرام - هي *Escherichia coli*، و*Salmonella enterica serovar Typhimurium*، و*Pseudomonas aeruginosa* - لتحديد السمات العامة للتوليف الدوائي المضاد للبكتيريا، وفهم قدراته. ورغم ارتباط الأنواع الثلاثة تطوريًّا، فإن أكثر من 70% من التفاعلات بين الأدوية التي رصدها الباحثون كانت محددة بالنوع، بينما يُظهِر 20% خصوصية للسلالة؛ ما يكشف عن إمكانية كبيرة لإنتاج علاجات محددة النطاق.

بشكل عام، تشيع المناهضة أكثر من التآزر، وهي تحدث بشكل شبه حصري بين الأدوية التي تستهدف عمليات خلوية مختلفة، في حين أن التآزر أكثر تحفظًا، ويزيد في الأدوية التي تستهدف العملية نفسها. يقدم الباحثون رؤى ميكانيكية لهذا الانفصام، بل ويفحصون بدقة تداخلات المضاف الغذائي "فانيلين". وأخيرًا يُظهِرون أن عمليات التآزر العديدة تكون فعالة ضد العزلات الإكلينيكية المقاوِمة لأدوية متعددة، في المختبر وفي أثناء إصابة يرقات عثة الشمع الكبرى *Galleria mellonella* بالعدوى، مع ظهور مقاومة في حالة واحدة تجاه الكوليستين، وهو المضاد الحيوي الذي يُعتبر الملاذ الأخير.

A. Brochado *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0278-9

النسبية العامة والجاذبية

قياس ثابت الجاذبية بطريقتين مستقلتين

إنّ ثابت نيوتن للجاذبية «جي»G واحد من أهم القيم الثابتة الخاصة بالطبيعة، لكنّنا لم نتوصل بعد إلى قيمة دقيقة له. ورغم انقضاء قرنين من الزمن في بذل الجهود التجريبية، لا تزال قيمة هذا الثابت هي الأقل دقة من بين القيم الثابتة الأساسية المعروفة.

يشير تفاوت يصل إلى 0.05 في المائة في الاستنتاجات الأخيرة لقيمة هذا الثابت إلى احتمال وجود أخطاء منهجية غير مكتشَفة في الأساليب المختلفة الموجودة لقياسه. وإحدى الطرق لتقليل هذه الأخطاء هي قياس الثابت «جي» باستخدام أساليب مختلفة ومستقلة عن بعضها البعض، بدون احتمال أن تتضمن الآثار المنهجية نفسها.

في هذا البحث، يقدم الباحثون قياسَين مستقلَّين لقيمة الثابت «جي»، باستخدام تجارب البندول الالتوائي مع نهج زمن التأرجح، ونهج رد فعل التسارع الزاوي.

حصل الباحثون على قيمتين للثابت «جي»، هما 6.674184×10^{-11}، و6.674484×10^{-11} متر مكعب لكل كيلوجرام لكل ثانية مربعة، بقيم معيارية نسبية لعدم التيقن تبلغ 11.64 و11.61 جزء في المليون، على الترتيب. وقِيَم عدم التيقن بهاتين القيمتين للثابت هي الأصغر التي تقدَّم حتى الآن. وكلتا القيمتين تتناسبان مع أحدث قيمة موصًى بها في نطاق انحرافين معياريين.

Q. Li *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0431-5

الفيزياء النووية التجريبية

ما يحدث داخل الأنوية الغنية بالنيوترونات

إن النواة الذّرّية واحدة من أكثر الأنظمة الميكانيكية الكمية كثافةً وتعقيدًا في الطبيعة. وتشكِّل الأنوية تقريبًا كل كتلة الكون المرئي. ويمكن فحص خصائص النيوكليونات (البروتونات، والنيوترونات) المفردة في الأنوية، عن طريق تشتيت جسيم عالي الطاقة من النواة، ورصده بعد انتشاره، وعادة يصحب ذلك رصد بروتون آخر مطرود.

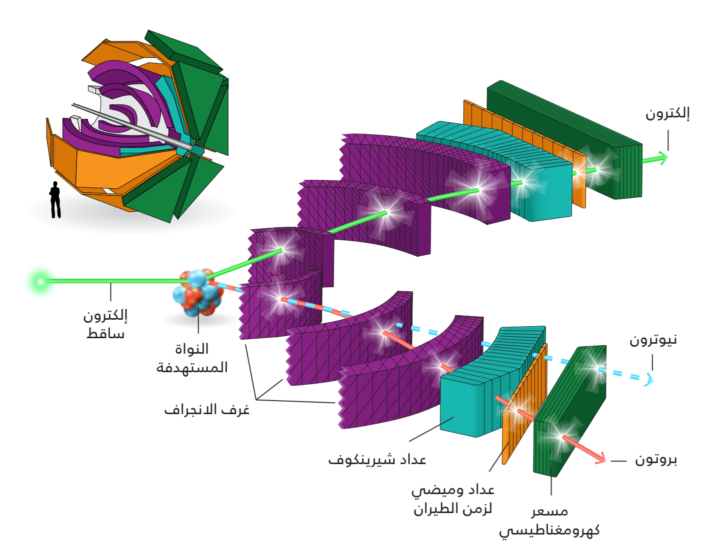
يشير تحليل تجارب تشتُّت الإلكترونات والبروتونات إلى تكوين بعض النيوكليونات داخل الأنوية لأزواج شديدة التقارب من نيوترونات وبروتونات، بزخم نيوكليوني عالٍ، أكبر من زخم فيرمي النووي. أمّا كيفية تكوين النيوترونات الفائضة داخل الأنوية الغنية بالنيوترونات لأزواج شديدة التقارب كهذه، فلا تزال غير واضحة.

في البحث المنشور، يقيس الباحثون البروتونات، وكذلك - للمرة الأولى - النيوترونات المطرودة من الأنوية المتوسطة إلى ثقيلة، بفعل إلكترونات عالية الطاقة، ويوضحون أن نسبة البروتونات عالية الزخم تزداد بشكل ملحوظ مع فائض النيوترونات داخل النواة، في حين أن نسبة النيوترونات عالية الزخم تقل بشكل طفيف. وهذا تأثير مفاجئ، حيث إنه في نموذج الغلاف النووي الكلاسيكي، تتبع البروتونات والنيوترونات إحصاءات "فِيرمي"، وتكاد تكون غير مرتبطة، وغالبًا ما تشغل أغلفة طاقة مستقلة.

وهذه النيوكليونات عالية الزخم داخل الأنوية الغنية بالنيوترونات لها أهمية في فهم دالات توزيع البارتونات النووية، والتغيرات في توزيع كوارك النيوكليونات المحصورة داخل أنوية (أي تأثير EMC)، ناهيك عن أهميتها في تفسير قياسات تذبذب النيوترينو، وفهْم الأنظمة الغنية بالنيوترونات، مثل النجوم النيوترونية.

The CLAS Collaboration

doi:10.1038/s41586-018-0400-z



الشكل أعلاه | مطياف «كلاس» CLAS. قطاعان من مطياف «كلاس». الإلكترونات التي تتحرك بمستويات من الطاقة تصل إلى 6 مليارات إلكترون فولت تصطدم بالأنوية، فتطرد منها بروتونات ونيوترونات مفردة. يعاد بناء زخم كل من الإلكترونات المشتتة، والبروتونات المطرودة، عن طريق تحليل مساراتها في أثناء انحنائها في مجال مغناطيسي حلقي. ويُستنتج زخم النيوترونات من أزمنة طيرانها، حتى تتفاعل مع المسعر الكهرومغناطيسي. الشكل المصغر: مطياف «كلاس» شبه الكروي. يتحرك شعاع الإلكترونات بمحاذاة الأنبوبة الرمادية، مصطدِمًا بهدف قرب مركز المطياف.

توليد الأوعية

وظيفة جديدة لسينثيتيز الجلوتامين

إنّ سينثيتيز الجلوتامين، الذي يشفّره الجين *GLUL*، هو إنزيم يحوّل الجلوتاميت والأمونيا إلى الجلوتامين. وتعبِّر الخلايا البطانية عن هذا الإنزيم، لكن الغريب أنه يُظهِر معدلًا من تخليق الجلوتامين عند مستويات الجلوتامين الفسيولوجية، يكاد لا يُذكر.

في البحث المنشور، يبين الباحثون أن حذف الجين *Glul* في الخلايا البطانية لدى الفئران يضعِف نمو الأوعية الدموية في أثناء النمو الوعائي، في حين أن الحصر الدوائي لسينثيتيز الجلوتامين يثبط التخلّق الوعائي في أمراض العين، وأمراض الجلد الالتهابية، فيما يؤثر بشكل طفيف فقط على الخلايا البطانية البالغة، الخاملة السليمة. ويعتمد هذا على وقْف هجرة الخلايا البطانية، لا على تكاثرها.

ويُظهِر الباحثون أنه في الخلايا البطانية للوريد السُّري البشري، يؤدي خفض التعبير عن الجين *GLUL*، آليًّا، إلى التقليل من التموضع الغشائي، وتفعيل إنزيم RHOJ GTPase، مع تنشيط غيره من إنزيمَات Rho GTPases، وRho kinase، ما يحفّز خيوط الأكتين الخاصة بالإجهاد، ويعوق حركة الخلايا البطانية. ويؤدي تثبيط Rho kinase إلى إصلاح الخلل في هجرة الخلايا البطانية، الذي يُحدثه خفض التعبير عن الجين *GLUL*.

والجدير بالذكر أن سينثيتيز الجلوتامين يرتبط تلقائيًّا بأحد الأحماض الدهنية في عملية تسمَّى "البَلْمتة الذاتية"، أو autopalmitoylation، ويتفاعل مع RHOJ؛ للحفاظ على "بلمتة" RHOJ بالأحماض الدهنية، وتموضع الغشاء، وتنشيطه. تكشف هذه النتائج أنه بالإضافة إلى تكوين الجلوتامين، فإن إنزيم سينثيتيز الجلوتامين يبدي نشاطًا في هجرة الخلايا البطانية في أثناء التخلُّق الوعائي في وجود المرض.

G. Eelen *et al*.

doi:10.1038/s41586-018-0466-7

صندوق الأدوات

كتـابة الرمـوز بصـوت عـالٍ

المبرمجون يلجأون إلى استخدام أدوات الأوامر الصوتية؛ لإراحة أيديهم.

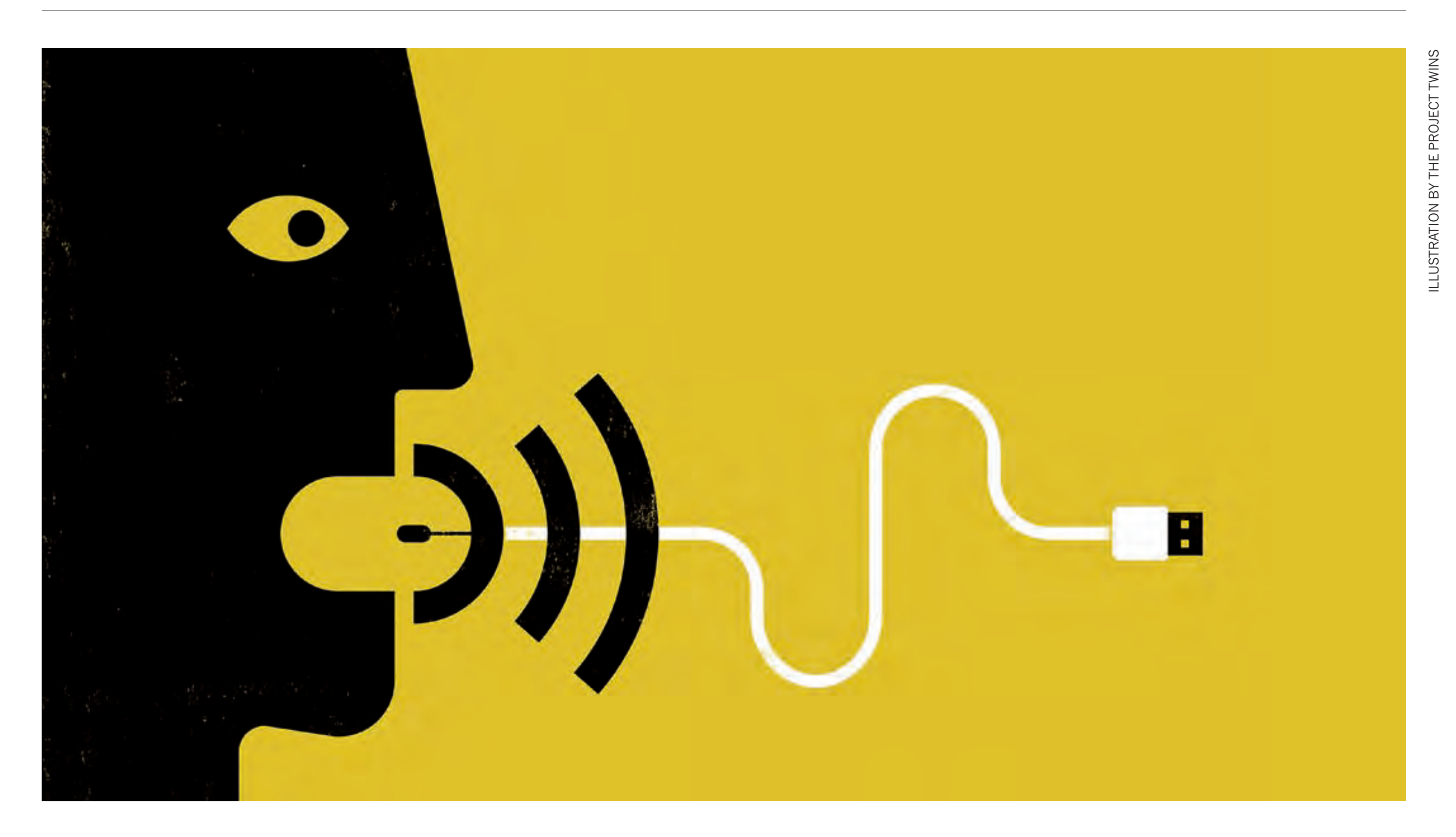


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

آنا نووجرودزكي

دائمًا ما تُعَدّ آلام اليد الواهنة أمرًا سيئًا، ولكن بالنسبة إلى هارولد بيمينتيل كان هذا أمرًا بغيضًا بشكل خاص؛ فقد كان عمله - كطالب دكتوراة في البيولوجيا الحوسبية - ينطوي على الكتابة المستمرة على الحاسوب، وهو شخص وُلد بذراع واحدة فقط. يتذكر بيمينتيل قائلًا: "ذات مرة، قال لي مستشاري مازحًا: ألا تستطيع أن تفعل هذا عن طريق الصوت؟" والآن، بعد مرور ثلاثة أعوام، هذا هو ما يفعله بيمينتيل بالضبط خلال عمله كباحث في مرحلة ما بعد الدكتوراة في علم الجينوم الحوسبي بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا.

كان بيمينتيل يعاني من متلازمة النفق الرسغي، التي تأتي كإصابة ناجمة عن الإجهاد المتكرر. تحدث المتلازمة عندما يصبح العصب الزندي، الذي يمتد إلى أسفل على طول الحافة الخارجية للذراع، منضغطًا عند الكوع؛ فيتسبب في الخَدَر، والألم، وفقدان التحكم الحركي الدقيق في الكفين والأصابع. ويُمكن للإصابة الناجمة عن الإجهاد المتكرر أن تكون سببًا في عرقلة المسار المهني لعلماء البيولوجيا الحوسبية، وغيرهم من العلماء العاملين في مجال الترميز. في الوقت الحالي، قامت مجموعة علمية صغيرة - لكنها في طريقها إلى التوسع - بالتوصل إلى حل بديل، ألا وهو الترميز بالأوامر الصوتية. يستغرق الأمر ما لا يقل عن شهر من التدريب المُضني، والمُحبِط أحيانًا، حتى يصبح جاهزًا للاستخدام، إلا أن الترميز بالصوت يساعد هؤلاء المبرمجين على الاستمرار في أداء وظائفهم، أو مواصلة دراساتهم. ويقول هؤلاء المبرمجون إن هناك مزايا غير متوقعة لهذا الأمر.

إلهام من اليوتيوب

ينسحب الترميز الصوتي على مجموعة واسعة من العلوم، ولذا، يمكن لأي باحث يقوم بكتابة الرموز أن يَستخدِمه. يَستخدِم ماثيو سولومونسون - وهو مهندس برمجيات بمعهد برود، التابع لمعهد ماساتشوستس للتقنية، وجامعة هارفارد، بمدينة كامبريدج في ولاية ماساتشوستس - الترميز الصوتي لإنشاء تطبيقات على الإنترنت، مثل قاعدة بيانات تجميع الجينوم (gnomAD)، التي تُستخدم لاستكشاف البيانات الجينومية. يقول سولومونسون :"تُتيح تلك التطبيقات بيانات مأخوذة من بعض دراسات التسلسل الكبرى في العالم".

تُعانِي ناعومي سافرا - طالبة دكتوراة في الإدراك والحوسبة اللغويين في جامعة إدنبرة بالمملكة المتحدة - من الاعتلال العصبي في الألياف الصغيرة، وهو اعتلال لا يُعرف سببه. وهذا الاعتلال عبارة عن حالة مزمنة في الأعصاب التي تربط الدماغ بالأيدي والأقدام، وتتسبب هذه الحالة في نقل الأعصاب للألم، كرَدّ فعل لأحاسيس تُعتبر - في العادة - غير مؤلمة. تَستخدِم سافرا الترميز الخاص بها لاستكشاف عملية التدريب المتعلقة بنماذج اللغة العصبية. ويدرس بيمينتيل الكيفية التي يحدد بها احتجاز الأقسام التي لا تقوم بالتشفير في الحمض النووي الريبي تخصص الأنسجة، وقابلية الإصابة بالأمراض.

وكما هو الحال بالنسبة إلى العديد من العلماء الآخرين، أدرك بيمينتيل وسافرا أن الترميز الصوتي أصبح أمرًا ممكنًا بفضل مقطع للفيديو، قام فيه تافيز رود – الذي يعمل الآن مديرًا للتقنيات في شركة تطوير مواقع الإنترنت «أنباونس» Unbounce – بتقديم شرح مباشر للعملية لمستخدمي ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لغة البرمجة «بايثون» Python خلال مؤتمر «بايكون» PyCon لعام 2013.

في هذا الفيديو، وصف رود صراعه مع الإصابة الناجمة عن الإجهاد المتكرر – التي جاءت نتيجة للترميز المستمر عبر محرر النصوص «إيماكس» emacs، وهي حالة يُسمِّيها رود حالة "خِنصر إيماكس"، ويشرح كذلك استراتيجيته للتغلب عليها. توصل رود إلى حل عبر شهور من العمل الدءوب، وأطلق عليه "الوحش ثلاثي الرؤوس"، لأنه يُدير ثلاثة أنظمة تشغيل من حاسوب محمول واحد. وأمام الحضور في المؤتمر، استخدم رود طريقته لإملاء رموز تعطي تعليمات لحاسوبه المحمول بأنْ يقرأ بصوتٍ عالٍ مقتطَفًا من مشهد "الببغاء الميت" من مسلسل المشاهد الهزلية «مونتي بايثون» Monty Python.

يقول بيمينتيل: "كان الأمر مُلهِمًا للغاية"، إلا أن بيمينتيل يشير إلى أن العملية كانت أيضًا "مليئة بالأخطاء البرمجية"، وكانت تفتقر إلى مجتمع نشط من المستخدِمين؛ للمساعدة في إصلاح أوجه الخلل. وعليه، بدأ بيمينتيل في البحث عن بدائل، وهذا ما فعلته سافرا أيضًا.

يتطلب الترميز بالأوامر الصوتية نوعين من البرامج: محرِّكًا للتعرف على الكلام، ومنصة للترميز الصوتي. ويُعَدّ «دراجون» Dragon، الذي أصدرته شركة «نيوانس» Nuance – وهي شركة لتطوير برامج التعرف على الكلام، مقرها برلينجتون بولاية ماساتشوستس – محرِّكًا متقدمًا، يُستخدم على نطاق واسع في البرمجة بالصوت، وهو محرك متاح منه إصداران، أحدهما لنظام «ويندوز»، والآخر لنظام «ماك». ويوجد لدى نظام «ويندوز» أيضًا منظومة مُدمجة فيه؛ للتعرف على الكلام. أما بالنسبة إلى المنصة، فتحظى منصة «ڤويس كود» VoiceCode، التي طَوّرها المُبرمج بين ماير، ومنصة «تالون» Talon، التي طَوّرها المُبرمج رايان هايلمان بشعبية كبيرة (وكلتاهما تعملان مع نظام التشغيل «ماك» فقط).

وثمة مِنصّتان أخريان للبرمجة الصوتية، هما «كاستر» Caster و«آينيا» Aenea، وتلك الأخيرة تعمل على نظام التشغيل «لينوكس» Linux. وكلتا المنصتين متاحتان بشكل مجاني، ورموز المصدر الأصلية الخاصة بهما مفتوحة، وكلتاهما تُمكِّنان الأداء الوظيفي للبرمجة الصوتية في «دراجون فلاي» Dragonfly، وهو إطار مفتوح المصدر بلغة «بايثون»، يقوم بربط الأفعال بالأوامر الصوتية المُكتشَفة بواسطة أحد محرّكات التعرف على الكلام. قامت سافرا بتجريب «دراجون فلاي»، ولكنها اكتشفت أن تنصيبه تَطَلَّب أن تَستخدِم يديها بشكل يفوق ما كانت تستطيع تحَمُّله.

تعمل جميع تلك المنصات الخاصة بالأوامر الصوتية بشكل مستقل عن لغة الترميز ومحرر النصوص، ولهذا، يمكن استخدامها أيضًا في مهام خارج نطاق البرمجة. وعلى سبيل المثال، يَستخدِم بيمينتيل خاصية التعرف على الصوت في كتابة رسائل البريد الإلكتروني، وهو يجد هذا الأمر أسهل، وأسرع، وأكثر طبيعية من الكتابة باستخدام لوحة المفاتيح.

دفقات صوتية متقطعة

يبدو الترميز بالأوامر الصوتية للأُذُن غير المدرَّبة كدفقات صوتية متقطعة بلغة مبهمة. يمتلىء مقطع الفيديو الخاص برود بمصطلحات معينة، مثل "اصفع Slap"، (أي "اضغط على زر الرجوع")، و"Sup"، (أي "ابحث عن هذا Search up")، و"مارا Mara"، (أي "قم بوسم الفقرة Mark paragraph").

وعلى عكس برامج المساعدين الشخصيين الافتراضيين، كبرنامج «سيري» Siri، الخاص بشركة «آبل»، أو برنامج «أليكسا» Alexa، الخاص بشركة «جوجل»، لا تقوم منصّتا «ڤويس كود»، و«تالون» بمعالجة اللغة الطبيعية، ولذا، يجب أن تكون التعليمات المنطوقة متطابقة بدقة مع الأوامر التي يعرفها النظام بالفعل، ولكنّ كلتا المنصتين تستخدمان خاصية تمييز الأوامر المتواصلة، ولذلك، لا يتعين على المستخدمين التمهل قليلًا بين إصدار كل أمر وآخَر، كما هو الحال مع برنامج «سيري»، وبرنامج «أليكسا».

تَستخدِم أوامر «ڤويس كود»، عادة، كلمات ليست موجودة في اللغة الإنجليزية، وذلك لأنك إذا استخدمتَ كلمة إنجليزية مثل كلمة "عُد return" كأحد الأوامر، فهذا يعني أنك لن تستطيع كتابة تلك الكلمة أبدًا. وفي المقابل، توفِّر منصات «تالون»، و«آينيا»، و«كاستر» قواعد لغوية تتسم بالديناميكية، من خلال أداة تقوم بالتحديث المستمر لنوعية الكلمات التي يمكن للبرنامج أن يتعرف عليها على أساس نوعية التطبيقات المفتوحة. وهذا يعني أن المستخدمين يمكنهم استخدام كلمات إنجليزية كأوامر، دون أن يتسبب هذا في حدوث ارتباك.

وبالإضافة إلى التعرف على الأصوات، يمكن لمنصة «تالون» أيضًا أن تستبدل فأرة الحاسوب بخاصية التتبع بالعين، وهو ما يتطلب متتبِّع أعين من النوع «توبياي فور سي» Tobii 4c (يبلغ سعره 150 دولارًا أمريكيًّا). وبشكل عام، تتطلب الأنظمة الأخرى المُستخدَمة في التحريك البصري لمؤشر فأرة الحاسوب كُلًّا من أجهزة التتبع بالأعين، وأجهزة التتبع بالرأس، مثل جهاز «تراك آي آر» TrackIR، الذي أصدرته شركة «ناتشيورال بوينت» NaturalPoint. يقول هايلمان: "أريد أن أجعل من استخدام جميع أجزاء الحاسوب المكتبي بدون الحاجة إلى اليدين أمرًا واقعًا"، فهناك أيضًا بدائل أخرى للفأرة. ويستخدم بيمينتيل أحد هذه البدائل، الذي يُسمى «سمارت ناف» SmartNav.

تتطلب الأوامر الصوتية، على الأقل، سماعات للرأس، أو ميكروفونًا على درجة مناسبة من الجودة. ويختار مستخدِمون كثيرون استخدام ميكروفون أحادي الاتجاه؛ حتى يمكن للآخَرين التحدث إليهم، بينما يقومون هم بإملاء الرموز. يقول بيمينتيل إنّ أحد هذه الميكروفونات، وهو ميكروفون له شكل "قلب"، يتطلب تجهيزات خاصة للإمداد بالطاقة، وقد تصل تكلفة المعدات إلى 400 دولار أمريكي.

قد يُكلِّف شراء البرامج عدة مئات من الدولارات أيضًا. يبلغ سعر محرك التعرف على الكلام «دراجون بروفيشنال» Dragon Professional ثلاثمائة دولار أمريكي، وهو سعر «ڤويس كود» نفسه. ومنصّتا «كاستر»، و«آينيا» متاحتان مجانًا، ورموز المصدر الأصلية الخاصة بهما مفتوحة كذلك. ومنصة «تالون» متاحة مجانًا أيضًا، ولكنها تتطلب محركًا منفصلًا؛ للتعرف على الكلام. وهناك حاليًّا إصدار تجريبي من منصة «تالون» بمحرك مُدمج للتعرف على الكلام، وهذا الإصدار متاح لمتابعي هايلمان على موقع «باتريون» Patreon، مقابل 15 دولارًا أمريكيًّا شهريًّا. يقول هايلمان: "يحتاج هذا النوع من التقنية إلى أنْ يكون مجانيًّا، وواسع الانتشار قدر الإمكان، لأنني أرى أننا نشهد وباءً آخذًا في الانتشار فيما يتعلق بالإصابات الناجمة عن الإجهاد المتكرر، ولا أحد يتحدث عن هذا الأمر". ويردف هايلمان قائلًا إنّ "هدفًا عظيمًا من أهدافه يكمن في إقناع كثيرين ممن لا يعانون من هذه المشكلات بعد".

يتطلب الأمر تضافر الجميع

قد يكون البدء في البرمجة باستخدام الصوت أمرًا صعبًا، أو باعثًا على الإحباط، سواءً أكان المستخدمون يعانون من إصابات ناجمة عن الإجهاد المتكرر، أم لا. وحسب قول بيمينتيل، استغرق الأمر معه شهرًا ونصف الشهر، حتى تَمَكَّن من الوصول إلى السرعة المطلوبة، وكانت هناك أيام أوشك فيها على الاستسلام. وبعدها، قام بيمينتيل بطباعة 40 صفحة تحتوي على الأوامر، وأجبر نفسه على النظر إليها، حتى انتهى به الأمر إلى تعَلُّمها. احتاجت سافرا إلى شهرين من الترميز – لفترة قصيرة كل يوم – حتى تصل إلى الشعور بأن الأمر كان "تجربة ممتعة تمامًا، وتوصلت إلى تصوُّر، مفاده أن هذا أمر يمكنني أن أقوم به لكسب لقمة العيش".

بعد الانتهاء من منحنى التعلُّم المبدئي، يقوم المستخدمون غالبًا بإنشاء مُوجِّهات مُصممة حسب الحاجة إلى الأوامر شائعة الاستخدام، كلما دعت الحاجة إلى ذلك. وقد كتبت سافرا مُوجِّهات خاصة بعمل الكسور، ضِمن نظام «لاتيك» LaTeX الخاص بكتابة نصوص الرياضيات.

وغالبًا ما يشارك المستخدمون ملفات التعريف وتفاصيل التنصيب الخاصة بهم على مواقع معينة، مثل موقع «جِت هَب» GitHub، وموقع «سلاك» Slack. وتحتوي القناة الخاصة بـ«ڤويس كود» على موقع «سلاك» على ما يزيد على 250 مستخدِمًا، ربما يكون 40 منهم نشِطِين، وذلك حسب تقديرات بيمينتيل. أما القناة الخاصة بـ«تالون» على موقع «سلاك»، فلديها أكثر من 100 مستخدِم، وبعض المستخدمين موجودون في القناتين معًا. تقول سافرا: "المجتمعات مهمة للغاية بالنسبة إلى هاتين المنصّتين على حدّ سواء، فهي ليست أدوات يمكنك استخدامها دون الانخراط العميق مع المجتمعات الخاصة بها".

«لا يمكنك استخدام تلك الأدوات دون الانخراط العميق مع المجتمعات الخاصة بها».

وجدير بالذكر أنّ بيمينتيل وسافرا من الولايات المتحدة، وكذلك معظم المبرمجين مستخدمي خاصية التعرف على الصوت الذين يعرفهما بيمينتيل وسافرا. وعادةً ما يكون أداء البرنامج أسوأ فيما يتعلق بتفسير كلام المتحدثين بلهجة مختلفة عن اللهجة الأمريكية السائدة. ووفقًا لأحد التحليلات (انظر: go.nature.com/2ffx78z)، الذي أجرته عالمة البيانات ريتشيل تاتمان، هناك على الأقل بعض الأدوات التي تَنْتُج عنها أخطاء أكثر مع أصوات النساء. تقول سافرا: "إذا لم تكن لهجتك هي اللهجة الأمريكية السائدة، أو إذا كنتَ امرأة؛ فسوف تكون العملية أصعب بكثير، لكنْ حتى في ظل هذا، لا تسير الأمور بهذا السوء".

وثمة جوانب سلبية أخرى، فعلى سبيل المثال، يعاني بيمينتيل من مشكلات في الحلق، ويحتاج إلى أخذ فترات راحة متكررة. يقول بيمينتيل: "إنني أشرب الكثير من الماء". ويفكر بيمينتيل في الحصول على تدريب صوتي؛ ليتعلم ألا يتسبب في الكثير من الإجهاد لصوته.

ويشعر بيمينتيل أنه يفتقد تلك الأوقات التي كان يمكنه فيها العمل داخل إحدى المكتبات الهادئة، في حين أن سافرا تفتقد الأوقات التي كانت قادرة فيها على إحداث قَدْر أكبر من الضجيج. تقول سافرا: "اعتدتُ الاستماع إلى الموسيقى، أو الغناء لنفسي أثناء قيامي بالترميز، وكنت أقوم بإطلاق السباب. والآن، لم يعد بإمكاني فعل ذلك".

ومع ذلك، هم يُقدِّرون الفوائد أيضًا. تقول سافرا، التي تلجأ إلى الكتابة باليد، فقط إذا كان هناك شيء يصعب إملاؤه بالصوت: "أفكِّر في الكثير من الأحيان في أنني إذا استيقظتُ يومًا ما، وكانت حالة يداي على ما يرام؛ فإنني سأستمر في إملاء الرموز بالصوت. أعتقدُ أن كثيرين من البشر يمكنهم الاستفادة من الإملاء الصوتي". وتشير سافرا إلى أن استخدام الأوامر الصوتية قد يكون أمرًا مريحًا، فهي تستطيع أن تجلس في وضع مريح، بدلًا من أن تجلس منكفِئة على لوحة المفاتيح.

وبالرغم من هذا، يُحتمل أن تكون الفائدة الإضافية الأعظم غير ملموسة بدرجة أكبر من هذا. يقول بيمينتيل: "الآن أفكر مليًّا قبل أن أقول أي شيء، أو أنفذ أي شيء. ويبدو أن رموزي قد باتت تحتوي على عدد أقل من الأخطاء". وتضيف سافرا: "أشعر بالتمكُّن من أدواتي الخاصة بطريقة لم يكن لديّ الحافز لاكتسابها قبل هذا". ■

آنا نووجرودزكي كاتبة حرة تقيم بالقرب من مدينة بوسطن بولاية ماساتشوستس.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مهن علمية

حياة المختبر كيف يمكن للباحثين إدارة مختبراتهم في ظل شُح الموارد، أو في مناطق القتال **ص. 61**

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **nature.com/natureevents**



وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **nature.com/naturecareers**

JEAN CHUNG/GETTY

إمدادات المياه شحيحة في أجزاء من جمهورية الكونغو الديمقراطية، بسبب سوء البِنْية التحتية.

حياة المختبر

العِلْم والكفاح

خمسة باحثين يوضحون كيف يديرون مختبرات مُنتِجة في مناطق تُمَزِّقها الحروب، أو تفتقر إلى الموارد.

إنّ المختبَر جيد التجهيز، المزوَّد بمواد كاشفة، ويتمتع بتيار كهربائي لا ينقطع، وإمدادات مياه غير محدودة، ربما يبدو مَطْلبًا أساسيًّا لإجراء الأبحاث، لكن العلماء الذين يعملون في مناطق محدودة الموارد، أو تُمَزِّقها الصراعات ليس بوسعهم التعامل مع هذه التجهيزات بوصفها أمورًا مُسَلَّمًا بها، بل عليهم أن يبحثوا دائمًا عن المِنَح الشحيحة، وينشروا دوريّاتهم الخاصة، ويشكِّلوا جمعياتهم العلمية، وكذلك - وهو أمر شديد الأهمية - عليهم أن يعتمدوا على مخزونهم العميق من قوة التحمل. وقد سألت دورية *Nature* خمسة باحثين من هذه المناطق عن الكيفية التي يديرون بها مختبراتهم المُنتِجة في مواجهة انقطاع الكهرباء، وإغلاق المعابر الحدودية، وسوء الاتصال بالإنترنت، وغير ذلك من التحديات.

مارلو مِندوزا

بناء شبكة من الجهات المعنية

باحث متخصص في عِلم الغابات بجامعة الفلبين في لوس بانوس

على مدار الأعوام الثلاثة عشر الماضية، عكفتُ على توصيف تلوث منظومة ماريلاو، وميكويان، وأوباندو النهرية، التي كانت على قائمة «أقذر 30 مكانًا»، والتي تضم أكثر الأماكن تلوثًا في العالم في عام 2007، حسب تصنيف منظمة بيور إيرث غير الربحية. ثمة صناعات عديدة مُلوِّثة تقع قرب المنبع، منها أكبر مصهر لمعدن الرصاص في الفلبين، ومصاهر للذهب، وورشات للحُلِيّ، ومدابغ للجلود. أما قرب المصبّ، فتوجد مزارع سمكية. وقد وجدنا مستويات مرتفعة من المعادن الثقيلة في الماء، وفي الرواسب، وفي الأسماك - خاصة المحار - التي تباع في الأسواق المحلية (M. E. T. Mendoza *et al*. *J*. *Nat*. *Stud*. **11**, 1–18; 2012). ووُجد ما لا يقل عن 100 ألف شخص في بلديات ماريلاو، وميكويان، وأوباندو، وفي منطقة مانيلا الحضرية، يتناولون أسماكًا ملوثة. ◀

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لا يوجد اختصاصيو سموم في المنطقة يمكنهم أن يشخِّصوا بدقةٍ الأمراض المرتبطة بابتلاع المعادن الثقيلة. ولهذا، حين درّسنا السجلات الطبية، لم نجد أي إشارة إلى التسمم بالمعادن الثقيلة. وإذا لم يكن بإمكاننا إثبات أن هذه المعادن تسبِّب أذى للناس، فمن الصعب للغاية إقناع صُنّاع السياسات والمسؤولين المحليين باتخاذ أيّ إجراءات. وليست لدينا مختبرات محلية يمكنها تحليل المعادن الثقيلة الموجودة في الأسماك، أو الماء، أو عينات الدم.

وقد كان المسؤولون المحليون، والمحافظ، وبعض رؤساء البلديات يعارضون الأمر بقوة، لأن صناعة الأسماك أحد مصادر الدخل الرئيسة في هذه البلديات. وقد حرصتُ للغاية - من البداية - على أن أُطْلِع رؤساء البلديات على مستجدات مشروعاتنا، ويرافقني ممثلون حكوميون محليون وإقليميون كلما أجريتُ أنشطة المراقبة الخاصة بي. كما أنني لا أفعل شيئًا دون موافقتهم، وأتحرى الشفافية بشدة في عملي.

تمثّلت إحدى استراتيجياتي في بناء شبكة من الجهات المعنية التي تشاركني مخاوفي، بما في ذلك الهيئات القومية، مثل مكتب مصائد الأسماك والموارد المائية، ووزارة البيئة والموارد الطبيعية. كما أقمتُ أيضًا علاقة طيبة مع الأشخاص الذين يعيشون في المنطقة. وتوجد عدة رابطات للصيّادين وصُنّاع الجلود في هذه المناطق، ونحن نعمل معهم، ونشركهم في استشاراتنا واجتماعاتنا المتعلقة بإدارة جودة المياه. وقد ساعد مشروعنا في إعلان المنطقة منطقة لإدارة جودة المياه بحُكْم القانون. ولهذا السبب، نستطيع مواصلة العمل.

لقد استخدمنا التمويل الممنوح من منظمة بيور إيرث؛ من أجل أخذ عينات دورية طولية في قطاعات من المنظومة النهرية، بما في ذلك الرواسب، والمياه، والأسماك، وصور الحياة المائية الأخرى. وثمة مشكلة في جمْع البيانات والعينات؛ لأن هذه العملية مكلفة، والحكومات المحلية والقومية تمتلك تمويلًا محدودًا. ولا يوجد كذلك مستودع واحد للبيانات، يمكن باستخدامه تخطيط عملية المراقبة، وتحليلها بصورة أكثر فاعلية.

أُدرِجَت نتائج عمليات المراقبة التي قمنا بها في قاعدة بيانات خاصة بمنظمة بيور إيرث، تمت مشاركتها مع الجهات المعنية، بما في ذلك المكاتب الإقليمية لإدارة البيئة، ووحدات الحكومة المحلية. وشجّع ذلك بدوره هذه الهيئات على إجراء دراسات لاستكمال عملنا، وعلى مشاركة بياناتها معنا. وبهذه الصورة، تمكنتُ من الحصول على تمويل من بنك التنمية الآسيوي، ومنظمة الصليب الأخضر السويسرية، وشركة هونج كونج وشنجهاي للخدمات المصرفية، إضافة إلى تمويل صغير من شركة «كوكا كولا»؛ من أجل إجراء عملية المراقبة البيئية، التي تتضمن تقدير معدلات المعادن الثقيلة في كائنات بحرية منتقاة.

إيمانويل آي. أونوابوناه

استخدام الموارد المتاحة

كيميائي مواد بجامعة ردمير في ولاية أوشون بنيجيريا

يمثّل الماء الصالح للشرب تحديًّا لنا هنا في قارة أفريقيا، وفي مختلف أنحاء العالم؛ فحوالي 1.8 مليار شخص حول العالم يحصلون على ماء الشرب من مصدر ملوث بالبراز. ويتمثل جزء من عملنا في تطوير مركّبات هجينة من الطمي؛ لامتصاص البكتيريا المعوية، مثل الإشريكية القولونية، والسالمونيلا، وضمة الكوليرا، من المياه. كما أننا نستخدم مركّبات مصنوعة من مواد متاحة، وفي المتناول، مثل طمي الكاولينيت، وبذور البابايا، وقشور نبات لسان الحمل؛ من أجل انتزاع المعادن الثقيلة من الماء.

نحن لا نتلقى تمويلًا حكوميًّا، ونعاني من انقطاع الكهرباء لما يقارب 100 يوم سنويًّا في المتوسط. ولدينا مرفق بديل في حرم الجامعة. ولذا، حين تنقطع الكهرباء الآتية من شبكة الكهرباء القومية خلال ساعات العمل؛ يعمل المُوَلِّد. وإذا حالفنا الحظ من حيث التوقيت؛ فسنضمن الحصول على 36 ساعة من الطاقة المتواصلة؛ من أجل إجراء التجارب، لكنْ حين لا يعمل المُوَلِّد، وتنقطع الكهرباء الآتية من الشبكة؛ لا يكون في وسعنا سوى الانتظار.

في بعض الأحيان، أستخدمُ راتبي في تمويل أبحاثي، والحفاظ على استمرارية طلابنا. ثم يتعين عليَّ النضال من أجل نيل المِنَح الدولية. وإنني ممتنّ للغاية للأكاديمية العالمية للعلوم في تريستي بإيطاليا؛ إذ إن المنحة الأخيرة التي قدَّمتها لنا في عام 2014 (وقيمتها 63,230 دولارًا أمريكيًّا) تكفَّلت بالرواتب، والرسوم الدراسية، ونفقات الأبحاث الخاصة بالطلاب، واستخدمنا جزءًا منها في شراء المُعدّات. كما أرسل لنا زميل في جامعة إدنبره بالمملكة المتحدة في العام الماضي عِدة أدوات؛ لاختبار البكتيريا، ثمنها 600 دولار، لكنْ لا يمكننا استخدامها الآن، لأن أحد أجزاء الميكروسكوب المرتبط بها تعرَّض للتلف، بسبب ارتفاع مفاجئ في التيار الكهربائي.

إنّ لدينا الكثير من الأفكار الرائعة والأطروحات المذهلة موضوعة على الرفوف، دون أن يستخدمها أحد. وقد ابتكر بعض العلماء الشباب أنظمة طاقة كهربية رخيصة من مواد مخلفات إلكترونية، لكنهم لا يملكون المال الكافي لتطويرها أكثر من ذلك. ولَدَى نيجيريا صناعة نفطية مزدهرة، غير أن الصندوق الائتماني لتطوير صناعة النفط التابع للحكومة يَستخدِم عوائد صناعة النفط – في الأساس - في تمويل المِنح الدراسية للطلاب النيجيريين بالخارج، ولا ينفق إلا أقل القليل على البحث العلمي.

كالولو موزيل تابا

استهداف الممكن

كيميائي عضوي بجامعة كينشاسا في جمهورية الكونغو الديمقراطية

تسعى أبحاثنا إلى حل مشكلات لها آثار مجتمعية، مثل الملاريا المتوطنة في كينشاسا، عاصمة جمهورية الكونغو الديمقراطية. فسكان المناطق الأفقر في كينشاسا يزرعون حوالي 55 نوعًا مختلفًا من النباتات، منها الأُترجية، والبابايا؛ في محاولة لعلاج أعراض هذا المرض. وقد سألنا أنفسنا: لماذا لا نُخضِع هذه النباتات للدراسة؟ فاختبرنا ثمانية من النباتات الأكثر استخدامًا، وأوضحنا أن المستخلصات والمستقلبات الخاصة بها لها أنشطة كثيرة مقاوِمة للملاريا. ولدينا كتيب صغير مكتوب بالفرنسية، وبلغة اللينجالا المحلية، نوزعه على الناس؛ كي نشرح كيفية استخدام هذه النباتات بصورة أكثر فاعلية. كما أننا ندرس مستخلصات النباتات التي يمكن استخدامها في علاج بكتيريا المُتفطِّرة السُّلِّية (*Mycobacterium tuberculosis*) المقاوِمة للمضادات الحيوية (K. B. M. Jose *et al*. *Med. Clin. Rev.* **4**, 5; 2018)، وذلك باستخدام منحة مقدَّمة من الأكاديمية العالمية للعلوم.

نحن لا نحصل على تمويل من الدولة. وفي مختبرنا لا نمتلك معدات، فليس لدينا المال لشراء المُذيبات. والماء متاح فقط بين الساعة الخامسة والسابعة صباحًا؛ وعليه، نستعين بخزّان لجمع الماء خلال الليل، وفي النهار نستخدم مضخة. أما عن الكهرباء، فالوضع أسوأ بكثير. ففي منتصف النهار يمكن أن تنقطع الكهرباء عدة مرات، وليس أمامك إلا أن تأمل ألا تنقطع الكهرباء في أثناء عملك. كنا نمتلك فيما سبق مُوَلِّدًا صغيرًا لتشغيل الحاسبات عند انقطاع الكهرباء، لكنه معطل الآن.

«أقول للعلماء الذين يعملون في ظروف مشابِهة إنه رغم كون هذا الأمر صعبًا، إلا أنه ليس مستحيلًا».

نحن لا نقف مكتوفي الأيدي، ولا ننتحب، قائلين إن الأمور ستتحسّن، وإنما نفعل كل ما في وسعنا. في معظم الأوقات، نشتري المواد الكاشفة والمذيبات من رواتبنا. ونحاول حثّ طلاب الماجستير والدكتوراة، عن طريق البحث عن طريقة للتعاون مع الخارج، ومكاتبة المختبرات الأجنبية؛ كي نرى ما إذا كان ممكنًا لطلابنا أن يحصلوا على مِنَح دراسية بالخارج، أم لا. وقد سافرت إحدى طالباتنا، واسمها جوزفين إنتومبا، إلى الخارج ثلاث مرات إلى جامعة لوفان الكاثوليكية في لوفان-لا-نوف ببلجيكا. وقد أكملت الدكتوراة، وتُدَرِّس حاليًّا في جامعة كينشاسا. أما فيما يخصّني، فقد حصلتُ على درجة الدكتوراة من جامعة نورث وسترن في إيفانستون بولاية إلينوي الأمريكية، ثم التحقتُ بمعهد ماكس بلانك لأبحاث الفحم في مولهيم أن در رور بألمانيا. وكان من الشاق عليَّ العودة. ولم تقتصر المشقة على الجانب المادي فحسب، بل والعقلي أيضًا، فكنتُ أعلم أن بعض الأشياء ستكون مستحيلة، لكنني أشعر أنه من واجبي أن أسهم وألهم الشباب في مجال العلوم.

وعلى مدار السنوات الخمس أو الست الماضية، شغلتُ منصب رئيس تحرير دورية «كونجو ساينسز» *Congo Sciences*، التي شاركتُ في تأسيسها. وقد بدأنا هذه الدورية، لأننا أردنا إبراز الأبحاث المُجراة داخل البلاد. وموّلت الدورية لبعض الوقت أكاديميةُ البحوث والتعليم العالي في بروكسل. وقد توقفت الأكاديمية عن تمويل الدورية مؤخرًا، لكننا ما زلنا نواصل نشرها.

وعلى مدار السنوات العشر الماضية، حاولتُ تأسيس أكاديمية للعلوم بدولة الكونغو الديمقراطية، تشبه الجمعية الأمريكية لتطوير العلوم في واشنطن العاصمة. فعلينا أن نحاول دفع العلماء إلى الاجتماع معًا، والتحدث بصوت واحد، وحينئذٍ ربما تبدأ الدولة في إدراك أن تمويل البحوث بالجامعات أمر مهم. هذه بعض الأمور التي تجعلني أشعر بالسعادة لعودتي إلى وطني. فربما أكونُ قد فقدتُ الكثير كعالِم، لكنْ كمواطن كنغولي آملُ أن أستطيع يومًا ما أن أفيد بلدي والعالَم أجمع.

وأقول للعلماء الذين يعملون في ظروف مشابِهة، إنه رغم كون هذا الأمر صعبًا، إلا أنه ليس مستحيلًا. ولْتَعْلَموا أنكم قد لا تجدون أفضل الحلول، لكنها ستكون أقل الحلول سوءًا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


MOHAMMED SAFIA

طالبات في شركة «جي جيتواي» أثناء دراسة برنامج تدريبي في تكنولوجيا المعلومات، تموّله حكومة الباسك.

رشا أبو صفية

اختيار الجانب الإيجابي

مهندسة حاسبات، ومشاركة في تأسيس شركة «جي جيتواي» بقطاع غزة

شاركتُ في تأسيس «جي جيتواي»، وهي شركة ذات أهداف اجتماعية في قطاع غزة، توفِّر خدمات التعهيد في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات حول العالم. فنحن نقدِّم تدريبًا وتوظيفًا للجامعيين حديثي التخرج في غزة، الذين يحملون درجة علمية في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وهدفنا الرئيس في «جي جيتواي» هو مساعدة الأشخاص في الحصول على مصدر للدخل. وبسبب نقص الماء النظيف، وتلوث البحر، وإغلاق المعابر المفروض من إسرائيل ومصر منذ عام 2007، فالظروف المعيشية هنا قاسية.

تَوَصّلنا إلى فكرة «جي جيتواي» في عام 2012. وفي نوفمبر 2013، أطلقنا مشروعًا تجريبيًّا، وفي فبراير 2015 حصلنا على موافقة من الوكالة الكورية للتعاون الدولي؛ لنيل منحة قدرها 1.3 مليون دولار لتمويل خطتنا. وكان ذلك أحد أكبر وأسعد الأحداث التي مرت بنا على الإطلاق.

كنا ندير مشروعنا التجريبي لصالح وكالة الأمم المتحدة لإغاثة وتشغيل اللاجئين الفلسطينيين (الأونروا)، لكن في يوليو وأغسطس من عام 2014 شهدنا حرب الخمسين يومًا مع إسرائيل. وكان الأمر شاقًّا؛ إذ كان القصف متواصلًا طوال اليوم، ولم يكن ثمة كهرباء، وكانت إمدادات المياه والغذاء محدودة. لم تكن هناك مناطق آمنة. ولذلك، اضطررنا إلى إيقاف مشروعنا الأول.

بعد يومين من إنهاء هذه الحرب بناء على اتفاق بوقف إطلاق النار، كتبنا ثمانية مفاهيم جديدة لمشروعات مختلفة، ووافقت الأونروا على تشغيل ثلاثة منها. بوسعنا أن نكون إيجابيين، أو نكتفي بالبكاء طوال اليوم. وقد اخترنا أن نكون إيجابيين، وأن نمضي قدمًا.

إن الكابلات التي نستخدمها في كل شبكاتنا التكنولوجية مُدرَجة على قائمة الأشياء التي تحظر إسرائيل دخولها إلى غزة. وبدعم من «الأونروا»، استغرقنا حوالي أربعة أشهر، كي نأتي بها من إسرائيل. ودون دعم «الأونروا»، كنا سنستغرق عامًا أو أكثر لفعل ذلك. كما نستخدم أيضًا مولِّد كهرباء، لأنه في أغلب الأيام نحصل على الكهرباء لمدة تتراوح من ساعتين إلى أربع ساعات يوميًّا.

يصل معدل البطالة الإجمالي بين خريجي الجامعة في غزة، الذين يحملون درجة علمية في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، إلى 70%. ويبلغ هذا المعدل بين الخريجات 92%. وقد تقدّمنا بطلبات للحصول على مِنَح تركِّز على النساء المستضعَفات، وحصلنا على منحة من حكومة الباسك في إسبانيا؛ لتدريب ستين خريجة جامعية؛ من أجل الحصول على وظائف. كما أننا حصلنا على منحة من مبادرة المشارَكة الأمريكية الشرق أوسطية؛ من أجل تمكين وتدريب 300 من خريجي قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات؛ كي يصيروا مهنيين مستقلين، وفُزْنا بمنحة مقدارها 3 ملايين دولار في يونيو الماضي من البنك الدولي؛ من أجل تدريب الطلاب، ومهندسي البرمجيات. ولدينا عقود كذلك مع كل من هيئة الأمم المتحدة للمرأة، وبرنامج موئل الأمم المتحدة.

نحن لا نستطيع السفر خارج غزة إلا مرتين، أو ثلاث مرات سنويًّا، على أقصى تقدير، وفي بعض الأحيان لا نستطيع الخروج منها على الإطلاق؛ ولذلك، علينا أن نتقدم بطلب تصريح بالخروج من إسرائيل بدعم من «الأونروا». وأحيانًا يُقبَل الطلب، وأحيانًا يُرفَض، دون إبداء أسباب. وكثيرًا ما نفقد، على سبيل المثال، فرصة لحضور أحد المؤتمرات، أو التدريب.

وحين نلقي نظرة على ما نفعله - أي كيف أنّ ما نفعله يغيِّر حياة البشر، رغم كل الصعاب المحيطة بنا - نجد أن هذا يجعلنا نشعر بالرضا.

إليزابيث تيلي

التركيز على التغييرات الصغيرة المؤثِّرة

باحثة في اقتصاديات النظافة الصحية في كلية التقنيات المتعددة بجامعة مالاوي في بلانتاير.

عدتُ إلى مالاوي في عام 2015، بعد تسع سنوات عملتُ فيها مديرة مشروعات، وطالبة دكتوراة في المعهد الفيدرالي السويسري للعلوم والتكنولوجيا المائية في دوبيندورف. وقد عملتُ في مشروعات للنظافة الصحية في نيبال، وجنوب أفريقيا، وتنزانيا، ونيكاراجوا. وغالبية عملي في مالاوي الآن منصَبّ على التدريس، والإشراف على طلاب الماجستير والدكتوراة في مشروعات من قبيل صنع قوالب الوقود من رواسب البراز المُجفَّفة. فنحن نعمل على "مخططات لتدفق البراز"، في محاولة لتخطيط وفَهْم المناطق التي تنتج فيها مفرغات الجسم، والمقدار الذي تتم معالجته منها.

والاتصال بالإنترنت لدينا سيئ للغاية، ويعوق تنزيل الملفات، أو إجراء المكالمات عبر «سكايب». وليس لدينا أي اشتراكات في دوريات، ولدينا 30 جهاز كمبيوتر تخدم 4 آلاف طالب. والأوراق وعملية النسخ الضوئي لها مكلفة للغاية، ويمكن أن نقضي أيامًا بأكملها دون ماء، حتى ولو لتنظيف المراحيض. وفي الجامعة، ليس لدينا مناديل ورقية للمرحاض، ولذا، أجلب مناديلي الخاصة معي كل يوم، وأحتفظ سرًّا بزجاجة صابون.

إن جدول الأعمال البحثية في مالاوي يحدده كبار المتبرعين من دول الشمال، ومن بينهم الحكومات الوطنية، مثل حكومة النرويج، واليابان، وجهات التبرع الخاصة، والمنظمات غير الحكومية. ويذهب قدر قليل للغاية من التمويل إلى الباحثين الأفريقيين؛ للعمل على موضوعات حَدَّدوها بأنفسهم. ويُعَد تقديم فرص التمويل من دول الشمال إلى دول الجنوب صورة ممتازة من صور التنمية.

غير أن بعض المقترحات تدعو لمشاركة شريك من دول الجنوب، دون اشتراطات خاصة بتقسيم التمويل. ويعني ذلك أن الشريك المنتمِي إلى دول الجنوب يُمنَح أحيانًا ميزانية محدودة؛ للقيام بعمل بحثي محدود، ذي تأثير محدود.

وإنني لأشجع الباحثين من دول الشمال على التفكير في قضاء إجازات التفرّغ العلمي في جامعات إفريقية؛ إذ يَمْنَح ذلك الباحثين من دول الجنوب فرصة للتركيز على النشر، أو البحث، والتعرض لأفكار وطرق جديدة، والاتصال بشبكة أوسع، كما سيكون بمقدور باحثي دول الشمال تعلُّم كيفية سير الأمور في الجنوب، وتقدير الأمور التي تسير على نحو طيب في دولهم.

وحين تشرع في التفكير في مدى قسوة المنظومة الكاملة، قد يجن جنونك. كان لديَّ طالب، كاتَبَني مؤخرًا؛ كي يخبرني بأنه التحق ببرنامج للماجستير في الولايات المتحدة، ويشكرني على خطاب التوصية. إنه متحمس للغاية، وهذا من نوعية الأمور التي تجعلني أصمد في عملي لبضعة أشهر. ■

جوزي جلوسيوس

تمّ تحرير نص المقابلة بغرض الاختصار والتوضيح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

حكاية داني وِيسكرز

ليس من السهل أن تكون ذكيًّا.

فواز المتروك

على بُعْد عشرة أميال من الحدود الكندية، أوقفتهما الشرطة.

"لا تتفوه بكلمة واحدة"، قالها د. طربوش، وقد تخضبت يداه القابضتان على مقود السيارة بالحُمْرة.

"كنتَ تقود كالمجنون"، قالها القط القابع داخل صندوق حمل الحيوانات الأليفة، الموجود على المقعد المجاور للسائق. كان اسمه داني وِيسكرز.

كان د. طربوش يشعر بنبضات قلبه في يديه وهو يراقب – عبر مرآة الرؤية الخلفية لسيارته – ضابط الشرطة وهو يقترب.

"هل تعتقد أنني غبي؟ أنا لست غبيًّا"، قالها داني.

"صه".

"أنا أعرف متى يجب عليّ أن أصمت".

"مرحبًا أيها الضابط"، قالها د. طربوش.

حافَظ رجل الشرطة على المسافة التي تفصله عن السيارة، وقال: "رخصة القيادة ورخصة السيارة، من فضلك".

عبث د. طربوش في محتويات صندوق التابلوه بارتباك؛ فبرزت المحتويات إلى الخارج: إيصالات، ومظاريف، وصفحات من ورقة بحثية عن العوامل الوراثية اللا جينية للذكاء.

"لحظة واحدة! إنها هنا في مكان ما"، قالها الدكتور وهو يبحث بين الأوراق.

"يا إلهي"، قالها داني هامسًا.

"صه!"

"ستجعله يُطْلِق علينا الرصاص".

"أنت ثرثار كذلك القط المُتكلم!"

سمعه الضابط، فتساءل متعجبًا: "عفوا؟"

"عذرًا أيها الضابط، كنت فقط أتحدث إلى نفسي. وجدتها!"، قالها د. طربوش، وأبرز رخصة السيارة.

قطب الضابط جبينه وقال: "ابق مكانك".

عَبْر مرآة الرؤية الخلفية، راقب د. طربوش الضابط وهو يمشي مبتعدًا، وتجمعت قطرات من العرق على حاجبيه الكثيفين، وقال: "لقد كَشَفَ أمرنا".

"رائع.. لا يفصلنا عن كندا سوى عشرة أميال، وستكون أنت السبب في قَتْلي".

"بل أنت من لا يستطيع أن يبقى صامتًا".

"وأنت من ينحرف عن مساره عبر حارات الطريق".

"هذا لأن قطي قرر أن يخرج من صندوقه، وأن يصيح موجهًا عبارات نابية للسائقين المرافقين لي على الطريق!" قالها د. طربوش، وقد ارتفعت نبرة صوته.

"ألا يفهمون ما يعنيه تعبير ’حارة سريعة‘؟"

"ألا تفهم أنت ما يعنيه تعبير ’هارب من العدالة‘؟"

"بلى، أفهم؛ فأنا لست غبيًّا".

"قد يُحكم عليّ بعشر سنوات في الحبس، لإجرائي تجارب غير مصرَّح بها في الهندسة الوراثية".

"أعرف هذا".

"وهناك يتعلم المرء كم هي كثيرة تلك الطرق التي يمكن بها سلْخ جلد واحد من بني جنسك".

"توقف".

"كان يجب عليّ أن أتركك في المختبر، وبعدها أقرأ عنك في صحيفة «فانكوفر تايمز»، أو في أيٍّ من الصحف الموجودة لديهم هناك، بينما أحتسي شاي البابونج، أيها القط المتكلم! أنت قط يتكلم طويلًا من أعماق قلبه، بينما



ILLUSTRATION BY JACEY

تعهد به الشرطة العلمية الفيدرالية إلى ... هل تبكي؟"

كان جليًّا أن داني يبكي، لكنه قال: "لا".

"كُف عن البكاء".

"هذا ليس عدلًا"، قالها داني متمتمًا، ثم أضاف: "لم أطلب هذا. لم أطلب أن أكون ذكيًّا. لقد كنت كائنًا شرعيًّا منذ أسبوع واحد فقط. لماذا قرروا أن يغيروا القوانين؟ لماذا لا يستطيعون أن يتركوني على ما أنا عليه؟"

تململ د. طربوش على مقعد السائق؛ فطوال عمره لم يكن يُحْسِن تهدئة الآخرين.

"لا أعرف يا داني".

"هذا ليس عادلًا".

«بلى، إنه ليس كذلك. الناس يصابون بالهلع، ويُشَرِّعون القوانين، ويدمرون حياة أناس آخرين، ولا يفهمون كيف يفعلون هذا".

شهق داني قائلًا: "حياة أناس آخرين؟"

"نعم".

"هل تعني أنني ’أناس آخرون‘؟"

"بالطبع، أنت كذلك".

سمح داني لابتسامة أن تظهر على محياه، ثم أردف قائلًا: "لكنني أذكى من ’الأناس البشريين‘".

"اخرس!"

ضحك داني، وحشر د. طربوش أصابعه في الشبكة المعدنية لصندوق حمل الحيوانات الأليفة، قائلًا: "تعال هنا".

مال داني متكئًا على أصابع د. طربوش، واستسلم لتدليك الرقبة، ثم بدأ في القرقرة.

"يالك من ولد لطيف"، قالها د. طربوش.

"لا تجاملني"، قالها داني وهو يواصل القرقرة.

وعندها، أنبأت طرقات كعبيّ حذاء الضابط عن عودته؛ فاعتدل د. طربوش في جلسته. اتكأ الضابط على السيارة ممسكًا بورقة مُخالفة صفراء بين أصابعه، ثم ألقاها فوق كومة الأوراق قائلًا: "اعتقد أن هذا هو المكان الذي تريدها أن تكون فيه".

"بالتأكيد".

"هذه لقيامك بالتبديل بين الحارات، دون إعطاء إشارة".

أومأ د. طربوش برأسه قائلًا: "حسنًا".

"هل هذا قطك؟"

"نعم".

"قط لطيف".

أصدر داني صوت همهمة من داخل صندوقه، وعندها شعر د. طربوش بقلبه يهوي بين قدميه.

ابتسم الضابط وقال: "لابد أنك تعلم أن ثمة أناسًا يجرون تجارب غريبة على الحيوانات، ويغيِّرون من جيناتها، وأشياء أخرى من هذا القبيل.. وأن هناك شيئًا يُسمُّونه كريسبي".

أطلق داني صيحة استهزاء؛ فأطلق د. طربوش صيحة استهزاء هو الآخر؛ ليحجب صوت صيحة داني.

"أتستهزىء بما أقول؟"

تحشرج صوت د. طربوش وهو يقول: "لا، لا، أيها الضابط؛ بل أستهزئ بهذا الـ ’كريسبي‘ .. إنها فكرة غبية".

نظر إليه الضابط مُضيِّقًا عينيه، قائلًا: "ولما تراها فكرة غبية؟"

تنحنح د. طربوش، قائلًا: "إنها ضد المشيئة الإلهية، كما تعلم. يجب أن يكون هناك قانون".

"هناك قانون صارم، وفترات عقوبة صارمة. وهناك اثنان هاربان منه الآن.. رجل مسن، وقطه. ولقد شوهدا آخِر مرة متجهَين شمالًا من كاليفورنيا. قط ثرثار، وُصف بأنه ’مغرور‘"

"مغرور!"، كان هذا داني وِيسكرز.

ضرب د. طربوش جبهته في عجلة القيادة.

قال الضابط: "كانت هذه من القط.. بدت كما لو كانت صادرة من القط".

"أنا ماهر في التكلُّم من البطن يا سيدي. يمكنني جعل الأصوات تبدو وكأنها تخرج من مكان آخر".

قال الضابط ضاحكًا: "أنت ماهر في التكلُّم من البطن! د. طه طربوش .. دكتوراة في التكلم من البطن. فلنعد إلى الموضوع؛ تقول إن العبث بالجينات يخالف مشيئة الله. وأنا أقول.."، ثم انحنى برأسه إلى داخل السيارة ليقول هامسًا: ".. إنّ والدي يعاني من مرض ألزهايمر، وأتمنى أن يحدث إنجاز علمي فيما يتعلق بالعلاج. أتمنى لك رحلة موفقة!"

بهذه الكلمات، سار الضابط مبتعدًا عن السيارة. كان د. طربوش يشعر بنبضات قلبه؛ مع كل خطوة خطاها الضابط.

"لكنْ لا تَقُدْ مسرعًا!" قالها الضابط صائحًا من داخل سيارته.

"ماذا حدث للتو؟"، سأل داني وِيسكرز.

"أعتقد أننا كنا محظوظين".

"أعتقد أن الحقيقة سادت".

"نعم".

"أنا حقيقة، وقد سُدْتُ"، قالها داني.

التفت د. طربوش في اتجاه المقعد المجاور له، وقال: "اسمع يا داني، أمامنا عشرة أميال حتى نصل إلى الحدود. إذا صدر عنك صوت واحد آخر؛ عندها ستصبح قطًّا ضالًّا".

"ماذا عن القرقرة لمرة واحدة؟"

"’داني!"

"مواء واحد؟"

"اخرس!"

"ماذا إذا شعرت بالخَدَر في ذيلي؟ هل أخبرك بذلك؟ ماذا لو تسبب الصندوق في إصابتي بالحَكَّة؟ ماذا إذا احتجت إلى حَكّ فروتي؟ الحَكّ هو بمثابة صوت. هل بإمكاني أن أقوم بالحَكّ؟"

خلال الأميال العشرة التي قطعَتْها السيارة، حتى وصلَتْ إلى الحدود، لم تكن هناك لحظة صمت واحدة فيما بينهما. بعد دخولهما إلى كولومبيا البريطانية بوقت قصير، خلد داني وِيسكرز إلى النوم. ■

يهوى **فواز المتروك** متابعة أحدث التقنيات، ولكنه يكتب باستخدام الورقة والقلم. يعمل فواز مخرجًا للأفلام، بحُكْم خبرته، وهو يعمل حاليًّا على إخراج فيلم يُعتبر أول عمل بارز له، وذلك بدعم من مهرجان سان فرانسيسكو الدولي للأفلام (SFFILM).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة

